



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds-
och växtproduktionsvetenskap

Undgår Göteborg att bli det nya Venedig?

– Klimatanpassning för översvämningar: exempel Göteborg



Självständigt arbete • 15 hp
Landskapsarkitektprogrammet
Alnarp 2017-05-23

Kajsa Olsson

Titel: Undgår Göteborg att bli det nya Venedig? – Klimatanpassning för översvämningar: exempel Göteborg

Titel på engelska: Will Gothenburg evade becoming the new Venice? – Climate adaptation to floods: example Gothenburg

Författare: Kajsa Olsson

Handledare: Anders Larsson, SLU, Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

Examinator: Tiina Sarap, SLU, Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: G2E

Kurstitel: Kandidatexamensarbete i Landskapsarkitektur

Kurskod: EX0649

Ämne: Landskapsarkitektur

Program: Landskapsarkitektprogrammet

Utgivningsort: Alnarp

Utgivningsår: 2017

Omslagsbild: Göteborg eller Venedig? (Illustration av Kajsa Olsson baserad på GDS-Ortofoto © Lantmäteriet).

Elektronisk publicering: <http://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: klimatanpassning, översvämning, strategier, försvara, ackommodera, retirera, attackera, Göteborg

Sammandrag

Det förändrade klimatet – med höjda havsnivåer och ökad nederbörd – förväntas öka risken för översvämningar. Samtidigt ökar sårbarheten då andelen människor i kustnära lägen fortsätter att stiga. Göteborg, med sitt utsatta läge vid vattnet, är en av de svenska kommunerna som står inför denna utmaning; att anpassa staden för klimatets effekter. I uppsatsen undersöks hur Göteborg arbetar med frågan, i syfte att få en förståelse för hur klimatanpassning för översvämningar kan hanteras på kommunal nivå.

Genom en litteraturstudie av vetenskapliga artiklar, myndighetsdokument och andra relevanta källor har tillgängliga strategier och metoder för klimatanpassning sammanställts. Vidare, genom en undersökning av Göteborgs policy- och plandokument, ges en bild av stadens klimatanpassningsarbete. Till sist diskuteras – utifrån en jämförelse av stadens arbete och tillgängliga klimatanpassningsmetoder – vilka strategier Göteborg arbetar utifrån samt vilka staden skulle kunna komplettera med för att vara bättre rustad för översvämningar.

Slutsatsen är att Göteborg arbetar utifrån strategierna försvara, ackommodera, retirera och attackera i sitt mer kortsiktiga klimatanpassningsarbete, medan de långsiktigt arbetar utifrån försvarsstrategin. Som komplement till detta skulle staden eventuellt kunna arbeta utifrån strategin retirera. Dock går det inte att, utifrån resultatet i denna studie, slå fast om detta skulle göra staden bättre rustad för översvämningar, men det skulle däremot föra Göteborg närmare sin vision om en grön och hållbar stad.

Abstract

The changing climate – with rising sea levels and increasing precipitation – is expected to increase the risk of floods. At the same time, the overall vulnerability increases as the population in coastal areas continues to rise. Gothenburg, with its exposed location by the waterside, is one of the Swedish municipalities that are facing this challenge; to adapt the city to the effects of climate change. This paper examines how Gothenburg works with the question, in order to gain an understanding of how adaptation to floods could be handled at the municipal level.

Through a literature study of scientific articles, government documents and other relevant sources, available strategies and methods for climate adaptation have been compiled. Furthermore, through an examination of Gothenburg's policy and plan documents, the city's adaptation work is presented. Finally – based on a comparison of the city's work and the available adaptation methods – a discussion is held about which strategies Gothenburg is working with, as well as which they could complement with to be better prepared against flooding.

The conclusion is that Gothenburg, in their more short-term adaptation, base their work on the strategies defend, accommodate, retreat and attack. While they in their long-term work only plan to use the defend strategy. As a complement for this they could possibly go with a retreat strategy. However, it cannot be determined – based on the results in this study – whether this would make the city better equipped for floods. But, on the other hand, it would bring Gothenburg closer to its vision of a green and sustainable city.

Förord

När jag var yngre berättade min pappa ofta att Göteborg var byggt på lera och att staden en dag skulle sjunka och bli som Venedig. Tänk, då kan du åka båt till skolan sa han och jag såg fram emot den dagen. Idag vet jag bättre men det är ändå inte så långt ifrån sanningen. Relationen till havet och vattnet har alltid funnits där och i denna uppsats tog jag chansen att fördjupa mig i ämnet med en landskapsarkitekts ögon. Nu i slutskedet av processen känner jag att det var rätt val, då jag har fått värdefull kunskap som jag kommer ha användning för i mitt framtida yrke.

Uppsatsen genomfördes vårterminen 2017 och är en kandidatuppsats inom landskapsarkitektprogrammet vid SLU Alnarp. Den riktar sig till studenter såväl som forskare och kommunala planerar som vill få en generell överblick gällande aktuella klimatanpassningsåtgärder för kuststäder.

Jag vill rikta ett tack till min handledare Anders Larsson som har stöttat mig i mina svaga stunder. Jag vill även passa på att tacka Ulf Moback på Stadsbyggnadskontoret i Göteborg som har bidragit med information och kommentarer till uppsatsen.

Göteborg, 11 maj 2017

Kajsa Olsson

Innehållsförteckning

Sammandrag

Abstract

Förord

1. Inledning.....	5
1.1 Syfte och mål	5
1.2 Avgränsningar	5
1.3 Begreppsförklaring	6
1.4 Disposition, metod och material	7
2. Bakgrund.....	8
2.1 Ett förändrat klimat.....	8
2.2 Samhället och vattnet	10
2.3 Anpassning för översvämningar – en utveckling.....	11
3. Strategier och metoder för klimatanpassning.....	12
3.1 Försvara	12
3.2 Ackommodera.....	16
3.3 Retirera	16
3.4 Attackera	18
4. Exemplet Göteborg	20
4.1 Klimatförändringarnas effekter och översvämningssrisker	20
4.2 Planerad klimatanpassning	22
4.3 Genomförd klimatanpassning	25
5. Diskussion.....	26
6. Avslutning.....	28
6.1 Slutsats.....	28
6.2 Reflektion kring genomförandet och fortsatta studier	29
6. Referensförteckning	30
6.1 Bilder och illustrationer.....	34

Bilaga 1: Översvämning år 2014

Bilaga 2: Översvämning år 2070

Bilaga 3: Översvämning år 2100

1. Inledning

Översvämningar är bland de vanligaste klimatrelaterade katastroferna globalt och orsakar, efter jordbävningar och stormar, störst skador för samhället. Dessutom väntas översvämningssriskerna öka då antropogena klimatförändringar tros leda till höjda havsnivåer samt mer frekventa och kraftiga regn. Detta samtidigt som samhällen globalt blir allt mer utsatta, där en hastig urbanisering i utvecklingsländer i kombination med en ökad utveckling i översvämningsskänsliga områden, ses som bidragande orsaker (Wilby & Keenan, 2012).

Sverige är inget undantag utan effekterna av klimatförändringarna förväntas att drabba även oss. Sveriges meteorologiska institut, SMHI, menar att översvämningar, till följd av kraftig nederbörd och havsnivåhöjningar, är en av flera konsekvenser som kan väntas av det förändrade klimatet (Kjellström *et al.*, 2014). Samtidigt är en stor del av Sveriges kuststräckor exploaterade, där statistik från Statistiska Centralbyrån visar att 49 procent av befolkningen idag bor i närheten av kusten (Svanström, 2013). Denna siffra ser dessutom ut att öka då många kommuner idag genomför eller planerar för storskaliga projekt i kustnära lägen¹. Att många bor och kommer att bo i områden som är utsatta för vattnets krafter, i kombination den ökande översvämningssrisken, gör frågan om hur landets kommuner kan arbeta med problematiken högst aktuell.

Som en infödd göteborgare – som har växt upp invid en av stadens många vattenkanaler och sett min favoritbänk på Stenpiren bli dränkt under stormen Gudrun 2005 – går mina tankar direkt till Göteborg. Med Nordens största stadsförnyelseprojekt på gång utmed Göta älv och som en av 18 städer i landet med störst risk för översvämning (MSB, 2011), frågar jag mig hur Göteborg egentligen hanterar problematiken i sitt arbete. Kommer staden bli det nya Venedig?

1.1 Syfte och mål

Syftet med uppsatsen är att få en förståelse för hur klimatanpassning för översvämningar kan hanteras på kommunal nivå. Målet är att nå ytterligare kunskap inom ämnet då jag, med utgångspunkt i den presenterade bakgrunden, är övertygad om att det är viktig kunskap att besitta som framtida landskapsarkitekt.

Följande frågeställningar har utgjort grunden i studien:

- Vilka strategier/metoder finns det att tillgå vid klimatanpassning för översvämningar?
- Vilka strategier/metoder använder Göteborg i sitt arbete?
- Vilka eventuella strategier/metoder skulle Göteborg behöva komplettera med för att vara bättre rustad för översvämningar?

1.2 Avgränsningar

Eftersom ämnet kring klimatanpassning av städer är så omfattande har vissa avgränsningar gjorts för att rymma uppsatsen inom kursens uppsatta ramar. För det första berör uppsatsen endast fluvial översvämning och kustöversvämning, vilka definieras i nästkommande avsnitt. Vidare innefattar studien endast strategier och faktiska åtgärder för att hantera översvämning och inte det förarbete, i form av lagstiftning, finansiering etcetera, som krävs för att klimatanpassa en stad. Wilby och Keenan (2012) menar att klimatanpassningsarbetet kan delas upp i två delar; en förberedande del och en implementeringsdel, där jag då har fokuserat på den sistnämnda. Detta då mitt intresse låg i att skapa ett bibliotek över metoder som kan användas vid klimatanpassning för översvämningar snarare än att få en bild över hela processen.

¹ Exempelvis H+ i Helsingborg och Trelleborgs hamnområde.

Utöver dessa har även geografiska avgränsningar gjorts, vilken har märkts ut i kartan i figur 1. I denna uppsats har endast området Älvstaden inom Göteborg studerats, då det är ett område med ett utsatt läge invid Göta älv² samt då det innefattar både stadsdelar som är bebyggda och som ska bebyggas. Denna avgränsning kan dock ha medfört att anpassningsåtgärder uppströms Göta älv, som skulle påverka översvämningsrisken inom området, kan ha förbisetts. Inom denna avgränsning har ytterligare en gjorts till stadsdelen Frihamnen, då det är ett översvämningskänsligt område men också eftersom planarbetet har kommit längst här i förhållande till de andra utvecklingsområdena. På detta sätt skapas en bild av klimatanpassningsarbetet från en övergripande stadsnivå till en mer detaljerad stadsdelsnivå. Till sist har översvämningsriskerna för de valda geografiska områdena endast undersökts översiktligt, trots att det finns mycket fördjupat underlagsmaterial att tillgå. Detta då fokus för uppsatsen inte ligger här utan snarare på hur staden arbetar för att hantera dessa risker.



Figur 1: Göteborgs stad med avgränsning för området Älvstaden (Illustration: Grundkarta GDS-Ortofoto © Lantmäteriet med egna tillägg utifrån Göteborgs stad, 2015, s.6).

1.3 Begreppsförklaring

Klimatanpassning

Klimatanpassningsportalen (2013) definierar begreppet som "åtgärder för att anpassa samhället till de klimatförändringar vi redan märker av idag och de som vi inte kan förhindra i framtiden."

Översvämning

FN:s klimatpanel, *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) definierar begreppet som "The overflowing of the normal confines of a stream or other body of water, or the accumulation of water over areas that are not normally submerged."³ (IPCC, 2012, s.559). För Sveriges del kan begreppet delas in i tre typer av översvämningar:

- **Kustöversvämning:** översvämning av områden utmed kusten orsakat av höjning av havsnivån, antingen tillfälligt till följd av kraftig vind eller mer permanent till följd av klimatförändringen (MSB, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2011, s.29).
- **Fluvial översvämning:** översvämning utmed vattendrag och sjöar orsakat av nederbörd eller till följd av snösmältning (ibid, s.29).
- **Pluvial översvämning:** översvämning i område utan kontakt med vatten orsakat av kraftig nederbörd (ibid, s.29).

² Göta älv rinner från Vänern ut i Kattegatt och är, både gällande avrinningsområde och vattenföring, Sveriges största vattendag. På sin väg passerar det igenom sex olika kommuner: Vänersborgs, Trollhättans, Lilla Edets, Ales, Kungälv och till sist Göteborgs kommun. I Kungälv delas älven i två grenar, där den norra benämns som Nordre älv medan den södra, som går genom Göteborg, fortsätter som Göta älv (Wikipedia, 2017a).

³ Egen översättning: överskridning av den normala vattennivån i ett vattendrag eller annan vattenmassa, alternativt en vattenansamling över ett område som vanligtvis inte är under vatten.

Havsvattenstånd

Havsvattenstånd är havsytans nivå i förhållande till en bestämd nollpunkt (SMHI, 2015a). Vattenståndet på en specifik plats påverkas av många olika faktorer, däribland lufttryck, vindar, vattnets densitet, landhöjningen och det globala vattenståndet (Källerfeldt *et al.*, 2012, s.16).

Vattenföring

Vattenföring är mängden vatten som rinner fram i ett vattendrag. Detta flöde varierar under året till följd av bland annat nederbörd och snösmältning, där de olika nivåerna ofta benämns i termer som högt flöde, normalt flöde och lågt flöde (Källerfeldt *et al.*, 2012, s.14).

Återkomsttid

”Återkomsttid är ett mått på hur ofta förekomsten av extrema naturliga händelser kan förväntas. Med en händelses återkomsttid menas att händelsen i genomsnitt inträffar eller överträffas en gång under denna tid.” (SMHI, 2015b). Återkomsttid kan anges för en rad händelser, däribland havsvattenstånd, vattenföring och nederbörd. Till exempel klassas vattenföring med en återkomsttid på 50 år som ett extremt högt flöde, som kan medföra kraftiga översvämningar på känsliga platser (ibid).

Erosion

Enligt Statens geotekniska institut (2016) är erosion ”den nednötning och transport av jord och berg som orsakas av bland annat vind, rinnande vatten och vågor.” I denna uppsats kommer begreppet avse vattenerosion. Grad av erosion påverkas bland annat av vågor och strömmars kraft, vattenstånd samt vattenföring i det aktuella området (ibid).

1.4 Disposition, metod och material

Uppsatsen består av tre olika avsnitt. Först presenteras en översikt av tillgängliga klimat-anpassningsmetoder. Denna följs av en sammanställning av Göteborgs stads klimat-anpassningsarbete och till sist förs en diskussion kring stadens arbete i förhållande till de tillgängliga metoderna.

Den första delen utgörs av en litteraturstudie där innehåll från vetenskapliga artiklar och myndighetsrapporter, som behandlar strategier och metoder för klimatanpassning, har sammanställts. Som komplement till detta har exempel på genomförd klimatanpassning, ur en global kontext, tagits fram. På detta sätt skapas ett bibliotek med åtgärder för klimatanpassning, samtidigt som frågan sätts i ett globalt sammanhang. För det vetenskapliga materialet har information sökts genom GoogleScholar samt SLU:s sökmotor Primo med följande sökord, i kombination eller enskilt: *climate, sea level rise, flood, flood risk, adaption, adaptation strategy, green infrastructure, flood protection, flood prevention, wetland, retention*. Gällande myndighetsrapporterna har dessa hittats genom sökning via Google på sökorden *klimatanpassning, översvämning, översvämningsrisk, kustskydd* och *erosion*. Vidare har exemplen hittats via sökning på Google med sökord kopplade till anpassningsmetoderna eller på specifika projekt nämnda i andra använda källor. När det gäller bildmaterialet i avsnittet har detta tagits fram genom sökning på de berörda projekten via Flickr och Google.

I den andra delen har Göteborgs stads planeringsunderlag om klimatiförändringarna och översvämningsrisker sammanställts. Detta för att ge en bild av översvämningsproblematiken på lokal nivå. Vidare har stadens plan- och policydokument undersökts gällande klimatanpassning, för att få en bild över hur staden planerar att hantera dessa risker. Utöver detta har även genomförda åtgärder kartlagts för att se hur långt staden, i nuläget, har kommit i sitt arbete. Större delen av materialet i detta avsnitt har hämtats från Göteborgs stads hemsida och då främst från sidan *Klimatiförändringar och extremt väder*. Det material som inte har hittats här har

istället hämtats från sidan *Plan- och byggprojekt* eller hittats via sökning på Google med sökorden *klimatanpassning*, *klimatförändring*, *Göteborg* och *Älvstaden*. För de genomförda åtgärderna har uppgifter även tillhandahållits av Ulf Moback, landskapsarkitekt på Stadsbyggnadskontoret i Göteborg, via mail. Detta då denna information inte har hittats genom sökning på stadens hemsida eller Google.

För att skapa en så objektiv bild som möjligt av ämnet har en bredd eftersträvat i valet av källmaterial med referee-granskade artiklar, myndighetsrapporter, plandokument etcetera. Dock, inom ramen för denna kandidatuppsats, har en fullständigt källkritisk litteraturstudie inte varit möjlig att genomföra.

2. Bakgrund

2.1 Ett förändrat klimat

IPCC (2013, s.11) konstaterar att det sedan 1900-talets mitt har skett en uppvärmning av jordens klimatsystem, vilken med största sannolikhet kan kopplas till antropogen påverkan (ibid, s.17). Denna globala uppvärmning beror främst på en ökning i mängden koldioxid och andra växthusgaser i atmosfären, vilka enligt IPCC (2013, s.13) har stigit stadigt sedan 1750-talet. Hitintills har effekterna av detta varit en temperaturökning i atmosfär och hav, avsmältning av glaciärer, havsnivåhöjningar samt förändringar i nederbördsmönster (ibid, s.8 f).

Då koncentrationen av koldioxid i atmosfären har stor påverkan på det framtida klimatet, har IPCC (2013, s.19) tagit fram fyra olika scenarier (RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0, RCP8.5) som representerar olika antropogena koldioxidnivåer. Med hjälp av dessa har de utfört beräkningar för att skapa olika prognoser över hur klimatsystemet kan komma att reagera i framtiden. Samtliga scenarier visar att de redan sedda effekterna av klimatförändringarna troligen eller sannolikt kommer att fortsätta under de närmsta 100 åren (ibid, s.20 f). Enligt SMHI är resultaten av IPCC:s forskning de mest omfattande som finns att tillgå inom ämnet (Andersson *et al.*, 2015, s.36).

2.1.1 Klimatförändringarna och vattnet

2.1.1.1 Havsnivåhöjning

IPCC (2013, s.11) menar att den globala havsnivån har ökat med nästan 0,2 meter sedan 1900-talets början. Sannolikt har denna ökning främst orsakats av glaciärsmältning på Antarktis och Grönland samt termisk expansion⁴ till följd av havets temperaturökning. Denna höjning förväntas även fortsätta, där IPCC:s prognoser (2013, s.25) visar en global havsnivåhöjning mellan 0,26 och 0,98 meter fram till år 2100 beroende på scenario. Resultatet av Hansens *et al.* (2016) analys visar dock på en annan utveckling än IPCC:s. Om växthusgaserna i atmosfären skulle fortsätta öka skulle en havsnivåhöjning på flera meter i princip vara oundviklig inom de närmsta 50 till 150 åren (ibid, s.3799). Det råder således en osäkerhet över hur mycket havsnivåerna faktiskt kommer att öka globalt sett.

På regional nivå är det dessutom fler faktorer än enbart de globala nivåerna som måste beaktas vid beräkningen (Kjellström *et al.*, 2014 s.38). En sådan faktor är landhöjning, vilket för Sveriges del kommer att medföra en stor variation i havsnivåerna för olika delar av landet. Om en havsnivåhöjning på en meter skulle ske under de närmsta 100 åren – vilket överensstämmer med IPCC:s värsta scenario – skulle södra Sverige få 0,6 till 1 meter högre vattenstånd. Samma

⁴ När havet värms upp minskar dess densitet, vilket leder till en ökning av havets volym.

höjning för mellersta delen av landet skulle istället innebära ett 0,2 till 0,6 meter högre vattenstånd, medan norra Sverige skulle få en ökning på 0,1 till 0,2 meter (ibid, s.38). Dessa beräkningar avser då det normala vattenståndet. Beroende på lokala förutsättningar och vid händelse av extremt väder kan vattennivåerna höjas ytterligare och skapa extrema vattenstånd (Seneviratne et al., 2012, s.179).

2.1.1.2 Nederbörd

Under 1900-talets andra hälft har andelen skyfall och kraftiga regn, sannolikt, ökat globalt sett. Dock finns det stora regionala variationer, där vissa områden snarare har fått en minskad nederbörd (Seneviratne et al., 2012, s.149). Prognoser presenterade av Seneviratne et al. (ibid, s.149) visar att denna ökning också kommer fortsätta, vilket även styrks av Kundzewicz et al. (2014, s.22), som drar slutsatsen att andelen kraftiga regn sannolikt kommer öka på många platser fram till år 2100. Vidare tros utvecklingen innebära att 20-årsregn kommer inträffa med kortare tidsintervall och istället slå till vart 5 till 15 år (Seneviratne et al., 2012, s.149).

En liknande utveckling kan ses i Sverige, då siffror och prognoser från SMHI indikerar att nederbörden redan har och kommer att fortsätta öka. Genom en jämförelse mellan perioderna 1961-1990 och 1991-2013 kan man se att den totala årsnederbörden i snitt har ökat med 8 procent (Kjellström et al. 2014, s.29). Vidare visar prognoser att årsnederbörden lokalt kan bli 15, 25 eller 40 procent högre i slutet av seklet än i perioden 1971-2000. Dessutom beräknas kraftiga regn ske med högre frekvens och intensitet, där de värsta skyfallen under sommaren tros öka med 10 till 15 procent fram till år 2100 (ibid, s.36 f).

2.1.1.3 Översvämningar

I artikeln *Flood risk and climate change: global and regional perspectives* lägger Kundzewicz et al. (2014, s.3 f) fram studier som visar att översvämningar har ökat kraftigt under de senaste decennierna och redogör vidare för orsakerna bakom detta. Trots att IPCC menar att klimatförändringarna har bidragit till havsnivåhöjningar och ökad nederbörd, konstaterar Kundzewicz et al. (2014, s.22) att det inte finns tillräckligt med vetenskapliga belägg för att klimatförändringarna har legat bakom den ökade andelen översvämningar globalt eller regionalt. Istället lyfter de fram faktorer som: populationstillväxt; urbanisering; tillväxt i översvämningsskänsliga områden; ökning av andel hårdgjorda ytor; minskning av vegetationsområden och våtmarker (ibid, s.8 f).

Då klimatet påverkar översvämningar skulle klimatförändringarna, rent logiskt, kunna bidra till en fortsatt ökning av andelen översvämningar i framtiden, resonerar Kundzewicz et al. (2014). Dock finns det inte tillräckliga bevis för ett sådant samband (ibid, s.22). Detta håller Arnell och Gosling (2016) med om, då de i sin studie konstaterar att effekterna av klimatförändringarna har *potentialen* att drastiskt förändra populationens utsatthet för översvämningar (ibid, s.399). I Sverige signalerar dock SMHI om att klimatförändringarnas effekter kommer öka risken för översvämningar i landet (Kjellström et al., 2014, s.28).

2.1.2 Svårigheten att anpassa för ett förändrat klimat

Texterna ovan visar att det råder en viss osäkerhet över klimatförändringarnas roll och hur stora effekterna faktiskt kommer att bli. Detta gör det svårt att veta hur stora medel som egentligen krävs för att klimatanpassa samhällets strukturer. I rapporten *Framtida havsnivåhöjning i kommunal planering* berörs problematiken och von Oelreich et al. (2012) visar att det råder en stor osäkerhet bland kommunerna gällande klimatanpassning. En del av denna osäkerhet kan motverkas genom ett förbättrat kunskapsunderlag och samarbete mellan olika aktörer. Men en stor del av osäkerheten kommer alltid att finnas kvar, då det rör sig om framtiden, och måste därför istället hanteras i planeringen (von Oelreich et al., 2012, s.58).

Dock är det få kommuner som gör detta fullt ut. Bland annat behandlar ingen av kommunerna extrema scenarier gällande havsnivåhöjningen utan planerar istället för den nivå som uttrycks som rimligast (ibid, s.58), vilket ofta är SMHI:s siffra på en meter (ibid, s.43). Detta trots att flera studier, däribland Hansen *et al.* (2016), signalerar om andra nivåer. Von Oelreich *et al.* (2012, s.58 f) menar att detta kan vara en farlig strategi och inte rätt väg att gå för att hantera den osäkra framtiden. Istället kan det vara bättre att arbeta med olika scenarier, även de som inte känns "rimliga" idag, för att förbereda sig och få fram strategier som kan motstå även större förändringar. Och hänvisar på samma gång till försiktighetsprincipen⁵ (ibid, s.58 f).

2.2 Samhället och vattnet

2.2.1 Människors relation till vattnet

I många delar av världen är havet och vattnet en livsförutsättning, där Världsnaturfonden WWF (2016) beräknar att flera hundra miljoner av jordens befolkning är beroende av dess resurser. Historiskt sett var detta även fallet i Sverige, där många samhällen anlades nära vattnet för att kunna dra nytta av dess tillgångar. Detta gör att en stor andel människor, globalt och nationellt, idag bor i vattennära lägen. Till exempel hävdar WWF (2016) att en tredjedel av jordens population bor utmed kusten, där samma siffra för Sverige är 49 procent (Svanström, 2013). Följden av detta blir således att många människor och samhällsliga strukturer finns i områden med risk för översvämning. Till exempel beräknar Arnell och Gosling (2016, s. 389) att över 6 miljoner av jordens totalt 6 miljarder människor, år 2000, bodde i översvämningsskänsliga flodområden.

För Sveriges del är ett vattennära läge inte längre en livsnödvändighet utan istället en fråga om attraktivitet. En studie gjord av Evidens och Spacescape (2011, s.9) visar att närhet till vatten är en av åtta kvaliteter som människor uppskattar och kan tänka sig betala mer för vid bostadsköp. Detta, i kombination med det rådande förtätningsidealet (Boverket, 2016, s.9), har gjort att många hamnområden i landets kommuner har blivit objekt för ombyggnad⁶. Ett exempel är Göteborgs stadsbyggnadsprojekt Älvstaden, där kommunen har påbörjat och planerar för en storskalig omvandling av hamn- och industriområden utmed Göta älv. Fram till år 2035 beräknas omvandlingen resultera i cirka 25 000 nya bostäder (Göteborgs stad, 2014, s.26 f). Denna utveckling bidrar således till att andelen människor i översvämningsskänsliga områden fortsätter att öka nationellt.

2.2.2 Översvämningars konsekvenser

Översvämningar är bland de vanligaste klimatrelaterade katastroferna globalt och orsakar, efter jordbävningar och stormar, störst skador för samhället (Wilby & Keenan, 2012, s.348). Konsekvenserna, och därmed de efterföljande kostnaderna, kan delas in i två kategorier: direkta och indirekta. De direkta skadorna kan bland annat vara åverkan på eller förstörelse av byggnader och infrastruktur, förlust av liv, ekologiska skador och hälsoeffekter (Kundzewicz *et al.*, 2014, s.5). I en utredning gjord av MSB (2013, s.22 f) lyfts källaröversvämningar och smittspridning, till följd av läckage av avloppsvatten, fram som exempel på direkta konsekvenser. De indirekta skadorna handlar istället om konsekvenser som går att koppla till en översvämning, men som inte har orsakats direkt av den. Detta kan till exempel röra sig om trafikstörningar och förluster i produktion (ibid, s.20). Översvämningar har således många negativa följder, men om översvämningssproblematiken beaktas i stadsutvecklingen kan många av dessa förebyggas och kanske även förhindras (Länsstyrelsen, 2011, s.12).

⁵ "modell för offentligt beslutsfattande i situationer då en potentiell miljö- eller hälsorisk anses påvisad men då tillgänglig vetenskaplig kunskap är otillräcklig för en säker slutsats angående riskens existens eller storleksordning. Grundtanken är att kunskapsbristen inte får användas som skäl för att uppskjuta eller underlåta kostnadseffektiva skyddsåtgärder." (Malmquist, uå)

⁶ Till exempel H+ i Helsingborg, Västra hamnen i Malmö och Hammarby Sjöstad i Stockholm.

2.3 Anpassning för översvämningar – en utveckling

I artikeln *Urban Design and Adapting to Flood Risk* beskriver Lennon *et al.* (2014) hur synen på anpassning för översvämningar har utvecklats under åren. Tidigare var de tekniska lösningarna helt dominerande där vallar och översvämningssäker arkitektur användes för att kontrollera och skydda strukturer från vattnet. De senaste decennierna har dock fokus skiftat och naturinspirerade lösningar, så kallad *green infrastructure (GI)*, har börjat utforskas allt mer (ibid, s.748 ff). En definition av konceptet är "an interconnected network of natural areas and other open spaces that conserves natural ecosystem values and functions [...] and provides a wide array of benefits for people and wildlife."⁷ (ibid, s.750). Med detta synsätt ges istället vattnet plats, där multifunktionalitet och hållbarhet är ledorden (ibid, s.750). I bland annat Malmö har konceptet anammats och är en viktig del i stadens hantering av regnvatten (Stahre, 2013).

I Nederländerna kan en liknande utveckling ses. Enligt van der Brugge *et al.* (2005, s.165) har det sedan 1970-talet pågått ett skifte i landets syn på vattnet, där det traditionella, ingenjörstyrda synsättet har börjat förändras mot ett mer holistiskt, där ekologiska värden och funktioner är i fokus. Då Nederländerna är ett floddelta, med mer än 50 procent av sin totala landmassa under havsnivån, har landet en lång tradition av att försvara sig mot och kontrollera vattnets krafter, vilket främst har gjorts genom traditionella metoder som vallar, dammar och kanaler (ibid, s.164). Men då denna strategi, enligt van der Brugge, har lett till ett ohållbart vattensystem har landet genom åren anammat en annan strategi där vattnet istället ges plats (ibid, s.165). En del av denna utveckling är det så kallade *Room for river*-projektet som startade år 1995 (ibid, s.171).

I nästa kapitel presenteras både traditionella och GI-lösningar, då de förstnämnda i vissa situationer kan vara de mest lämpliga (Lennon *et al.*, 2014, s.755).

⁷ Egen översättning: ett sammankopplat nätverk av naturområden och andra öppna områden som bevarar naturliga ekosystemvärden och funktioner [...] och som erbjuder mervärden för människor och vilda djur."

3. Strategier och metoder för klimatanpassning

IPCC (1990) var först ut med att ta fram strategier för klimatanpassning för översvämningar. Rapporten presenterar tre strategier för att hantera kustöversvämningar till följd av havsnivåhöjningar, närmare bestämt *protection*, *accommodation* och *retreat*. Senare, i rapporten *Facing up to Rising Sea Levels* från 2009, kompletterar Building Futures och The Institution of Civil Engineers (ICE) de tre strategierna med en fjärde kallad *attack*. Fram till idag har principerna använts som utgångspunkt i flera studier där de utvecklats och exemplifierats (Building Futures & ICE, 2009; Nicholls, 2011; Wilby & Keenan, 2012; Lee, 2014), vilket tyder på att de är vedertagna inom ämnesområdet klimatanpassning. Därför kommer de även utgöra grunden i detta avsnitt, men då som strategier för både fluviala och kustöversvämningar.

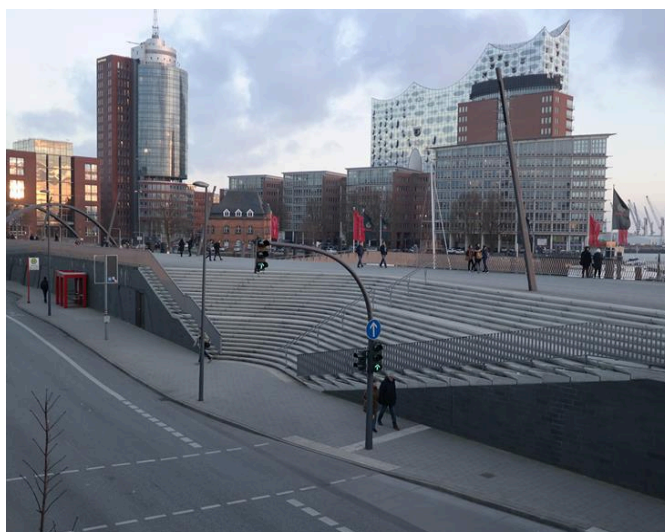
3.1 Försvara

Strategin handlar om att skydda översvämningskänsliga områden så att markanvändning kan fortgå som vanligt utan störning från vatten (Dronkers *et al.*, 1990, s.4)

3.1.1 Barrikader

Kategorin innefattar en rad olika typer av tekniska skydd, däribland vallar, murar och barriärer, som byggs upp på land eller utanför kusten för att stänga ute vattnet och skydda strukturerna innanför. Dessa kan vara permanenta eller sättas upp temporärt vid risk för översvämning och kan vara av varierande skala. Enligt Länsstyrelsen (2011, s.70) är den här typen av strukturer effektiva men de poängterar samtidigt att det finns negativa aspekter som måste beaktas. Bland annat föreligger risk för sekundär översvämning i området innanför, då strukturerna kan brista eller överstigas. Dessutom kan de hindra nederbörd från att rinna av, vilket således medför risk för pluvial översvämning inom det skyddade området (ibid, s.70).

Ytterligare kritik som riktas mot den här typen av skydd är att de ofta försämrar den visuella kontakten med vattnet, vilket i förlängning kan ha en negativ inverkan på områdes attraktivitet. Utöver detta finns det även en rad tekniska krav som måste beaktas vid utformningen, vilket ofta leder till kompromisser gällande gestaltning och att strukturerna blir just skydd och inget mer. Dock finns det ett antal exempel där städer har arbetat med mer multifunktionella lösningar, där vallar och barriärer kombineras med exempelvis bostadshus, parkering eller rekreation (Stalenberg, 2012, s.146 f).



Figur 2: Multifunktionell vall i Niederhafen, Hamburg, där skydd kombineras med rekreation och parkering (Foto: Arai, 2017).

Ett sådant multifunktionellt exempel är skyddsbarriären Niederhafen i Hamburg. Strukturen rymmer enligt LSBG (2013, s.2) både parkeringshus och mindre butikslokaler, samtidigt som den fungerar som en hamnpromenad. Som bilden i figur 2 visar består barriären av olika trapplösningar, vilka skapar en tillgänglighet till vattnet och de omkringliggande områdena (ibid, s.2). Trapporna ner mot vattnet är höjdsatta till 5,4 m ö.h. och svämmas därför över vid höga flöden, medan de resterande delarna höjer sig mellan 8,6 och 8,9 m ö.h. (ibid, s.3).



Figur 3: Multifunktionell vall i Cleveleys, Storbritannien (Foto: Thulborn-Chapman, 2016).

En annan likande lösning färdigställdes i Cleveleys, Storbritannien år 2005. Denna vågformade vall, visad i figur 3, fungerar både som ett översvämningsskydd och som en strandpromenad för stadens invånare. Med sin trappkonstruktion mot vattnet stoppas kraften från vågorna samtidigt som möjlighet för vistelse erbjuds. Utöver trapporna finns det även en 0,5 meter hög mur längs vallens bakkant som fungerar som extra skydd. Vallen är dimensionerad för att hålla de kommande 100 åren och motstå en havsnivåhöjning på 0,20 meter (DAC & Cities, 2014a)

Ett mer storskaligt exempel på barrikad är Maeslant barriären utanför den nederländska staden Rotterdam. Enligt Deltawerken (2004a) färdigställdes skyddet år 1997 och är, som figur 4 visar, en öppningsbar hamnbarriär. De 240 meter långa portarna stängs vid vattenstånd över 3 meter och skyddar på detta sätt staden vid extrema vattennivåer. Samtidigt gör de det möjligt för hamntrafiken att fungera normalt resterande tid (Deltawerken, 2004b).



Figur 4: Den öppningsbara hamnbarriären Maeslant i Nederländerna (Foto: Simonfi, 2010).



Figur 5: Portarna är stängda för att förhindra översvämning från River Tay, Skottland (Foto: Peet, 2005, egen redigering i form av beskärning).

Ett annat exempel där öppningsbara strukturer används, men i mindre skala, är utmed River Tay i Skottland. Enligt The Scottish Parliament Committee (uå) färdigställdes år 2001 ett barrikad-system uppbyggt av 2,6 km murar, 6,2 km vallar och ett antal rörliga metallportar. Dessa portar stängs vid höga flöden, vilket figur 5 visar exempel på. Resterande tid står portarna öppna, vilket gör att kontakten med vattnet bibehålls. Strukturerna är dimensionerade för att stå emot ett flöde med 200-års återkomsttid och kan höjas ytterligare 0,5 meter för att hantera effekterna av det förändrande klimatet (ibid).

3.1.2 Upphöjd mark

Metoden innebär att mark och byggnader inom ett utsatt område höjs till en nivå som bedöms som säker för översvämning, vilket regleras med hjälp av plushöjder i detaljplanen. Vilken nivå som är säker avgörs genom beräkningar av högsta vattenstånd med säkerhetsmarginal för klimatförändringar samt områdets användning (Boverket, 2009, s.51).



Figur 6: Upphöjda byggnader i HafenCity, på säker mark från översvämning, medan hamnpromenaden tillåts svämma över (Foto: Kajsa Olsson).

I stadsförnyelseprojektet HafenCity i Hamburg har en variant av metoden används för större delen av området. För att skydda de nya strukturerna mot översvämning valde staden att grundlägga vägar och byggnader på nivåer mellan 7,5 och 9 m ö.h. Detta genom att använda sig av så kallade *Warfts* – en form av fundament – som även fyller en funktion som underjordiska parkeringshus. Vissa publika områden närmast vattnet har dock lämnats kvar på sin ursprungliga nivå av 4,5 till 5,5 m ö.h. för att bibehålla kontakten med vatten. Dessa delar har istället utformats för att klara av tillfälliga översvämningar (HafenCity Hamburg, uå).

3.1.3 Strandfodring

Till skillnad från metoderna beskrivna tidigare, vilka skulle kunna kallas för direkta översvämningsskydd, är strandfodring snarare ett indirekt skydd. Enligt Hanson *et al.* (2006, s.2) innebär metoden att material tillförs stranden för att förhindra erosion, vilket i förlängning minskar risken för översvämning. Erosionen fortgår i den tillförda sanden men förhindrar således bortförelsen av material från bakomliggande områden. Denna utfyllnad kan, enkelt uttryckt, antingen göras på själva strandplanet, på de bakomliggande sanddynerna eller utanför kustlinjen beroende på de specifika förhållandena. Vid den sistnämnda byggs en så kallad sandrevel upp, vilket är en ö med sand som ligger parallellt med kustlinjen. Denna fungerar som en naturlig barrikad som bryter vågorna och skyddar kusten (ibid, s.17). Den här typen av strandfodring användes vid skapandet av Amager strandpark i Danmark. Efter flera år av försök att stoppa erosionen beslöt sig kommunen, år 2003, för att anlägga en sandrevel utanför den befintliga stranden, vilken fungerar både som ett skydd och en plats för rekreation (Hovedstadens Udviklingsråd, 2003, s.17 ff).

Hanson *et al.* (2006, s.15) menar att strandfodring har få negativa effekter men poängterar samtidigt att det finns en osäkerhet över hur det tillförda materialet påverkar och betar sig över tid. Detta studeras för tillfället i det så kallade Sand Motor-projektet i Nederländerna, vilket är ett forskningsprojekt som startade år 2011. Genom att skapa en 1 gång 2 kilometer stor halvö utmed kusten vill forskarna undersöka om dess sand, enbart genom naturens



Figur 7: Sand Motor-projektet 5 år efter start. Den stora sandön har börjat spridas med hjälp av vågorna (Foto: Zandmotor, 2017).

krafter, kan transporteras till "rätt plats". Om så är fallet skulle det vara en mer hållbar lösning än den traditionella strandfodringen (Zandmotor, 2017). I figur 7 visas projektet 5 år efter start.

3.1.4 Strandskoning

Strandskoning är till skillnad från strandfodring ett exempel på en traditionell lösning. Metoden innebär, enligt Johansson (2003, s.18), att någon form av skydd – vanligen stenblock eller sprängsten – placeras ut parallellt med kustlinjen. Detta i syfte att skilja vatten och land och därigenom reducera erosionen (ibid, s.18). I Ystads kommun, vars stränder är hårt drabbade av erosion, har strandskoning använts på flera ställen utmed kusten (Skoog, uå). I figur 8 visas ett exempel från Löderup strand där skyddet har kombinerats med hövder. Det positiva med denna lösning är att den effektivt skyddar sanddyner och bakomliggande områden mot fortsatt bortförsel. Däremot skyddar metoden inte strandplanet och kan dessutom bidra till att erosionen blir kraftigare i omkringsliggande områden. Vidare kan strukturen även försvåra tillgänglighet till stranden (Johansson, 2003,s.18).



Figur 8: Strandskoning och hövder som skydd mot erosion utmed Löderup strand i Ystad (Foto: Jorchr, 2006).

3.1.5 Hövd

En hövd, är likt strandskoning, ett exempel på en traditionell lösning. Enligt Johansson (2003, s.14) är hövder konstruktioner som byggs upp vinkelrätt från stranden ut mot vattnet i syfte att förhindra erosion och därmed minska risken för översvämningar. Metoden används ofta i kombination med andra metoder, såsom strandskoning och sandfodring (ibid, s.13), som på Löderup strand i figur 8. Det positiva med metoden är att den, till skillnad från strandskoning, hjälper till att bygga upp strandplanet då sanden, enkelt uttryckt, samlas längs hövderna på uppströmssidan. Dessutom begränsar de inte tillgängligheten till stranden (ibid, s.15). Johansson (2013, s.15 f) ger dock exempel på en rad negativa effekter som hövder kan föra med sig, där risk för ökad erosion i nedströms områden nämns som en.

3.1.6 Vågbrytare

Vågbrytare är ett erosionsskydd som, till skillnad från hövder, placeras längs med kustlinjen, men längre ut i vattnet än strandskoning (Johansson, 2003, s.21). Enligt Skoog (uå) utgör även



Figur 9: En vågbrytare under konstruktion utanför Ystad sandskog i Skåne (Foto: Leffman, 2011).

denna typ av struktur en del i Ystads kommuns kustskydd, där figur 9 visar ett exempel. Vanligtvis placeras konstruktionerna i serier, där bortförslens hindras genom att materialet lagras mellan vågbrytarna och den ursprungliga strandlinjen (ibid, s.21). Detta samtidigt som konstruktionerna dämpar kraften från vågorna, vilket skapar ett indirekt skydd för den bakomliggande stranden. Fördelen med

metoden är att den bidrar till att skapa en naturlig strand utan avbrott från fysiska konstruktioner. Däremot är strukturerna ofta dyra att anlägga och kan initialt bidra till ökad erosion i nedströms områden (ibid, s.23).

3.2 Ackommodera

Strategin innebär att samhället fortsätter att nyttja de översvämningsskänsliga områdena utan att hindra dem från att svämmas över. Istället handlar det om att anpassa strukturerna att tåla översvämning (Dronkers *et al.*, 1990, s.4).

3.2.1 Byggtekniska lösningar

Lösningarna innebär att byggnader på olika sätt konstrueras eller modifieras för att inte ta skada av vattnet. Vid nybyggnation föreslår Boverket (2009, s.53) att byggnader kan grundläggas med en öppen plintgrund, vilken då kan svämmas över utan att husets övriga konstruktion tar skada. Vidare kan bottenvåningen användas som parkeringshus eller grundas med vattentät betong och uppföras utan fönster, för att minska risken för vatteninträngning och skador (ibid, s.53). I HafenCity har den här typen av lösningar använts för strukturer som, av olika anledningar, inte kunde grundläggas på högre nivå. Till exempel har flera byggnader portar framför dörrar och fönster, likt dem i figur 10, vilka kan stängas vid risk för översvämning (HafenCity Hamburg, uå).

De ovan beskrivna åtgärderna måste implementeras redan i konstruktionsfasen, men enligt Boverket (2009, s.54) finns det även lösningar som går att applicera på redan befintliga strukturer. Som exempel ger de igensättning av källarfönster, uppsättning av tillfälliga översvämningsskydd samt installation av backventiler i brunnar och toalettstolar.



Figur 10: Portar framför fönster i HafenCity, Hamburg, som stängs till vid höga flöden (Foto: M.Prinke, 2008).

3.3 Retirera

Strategin handlar om att överge områden och strukturer i översvämningsskänsliga områden och istället låta dem svämmas över. Detta antingen genom att aktivt förhindra nybyggnation i kustnära områden (Dronkers *et al.*, 1990, s.6) eller förflytta befintliga strukturer bort från risken (Building Futures & ICE, 2009, s.10). I området Eferdinger Becken i Österrike har strategin använts, då 154 bostäder för närvarande håller på att flyttas bort från risken istället för att skyddas. Detta eftersom flodområdet sågs som viktigt att bevara på grund av dess vattenhållande kapacitet (Climate-ADAPT, 2017).

3.3.1 Översvämningsspark

Översvämningssparker är formgivna grönområden som har utformats för att tåla och hantera vatten från översvämningar, samtidigt som de erbjuder möjlighet till rekreation för invånarna. De fungerar som buffertzoner längs vattenområden, där tillfälliga vattenöverskott får utrymme att samlas (Länsstyrelsen, 2011, s.40), och därmed minskar risken för översvämning och skador på kringliggande strukturer. Lösningen skulle därför kunna definieras som en GI-struktur enligt Lennon *et al.* (2014) definition, då överskottet av vattnet hanteras med hjälp av vegetation samtidigt som den bidrar till en rad mervärden.

Bishan Park i Singapore skulle kunna ses som ett exempel på översvämningsspark. Enligt Ng Keok Poh (uå), projektetansvarig på Ramböll har den 2,7 km långa hårdgjorda kanalen, som tidigare rann i utkanten av den centrala parken, omvandlats till en 3,2 km lång meandrande flod. Denna omvandling visas tydligt i figur 11. Det nya vattendraget har integrerats i parken och dess design är inspirerad av naturliga flodsystem. Detta för att åstadkomma en lösning som kan hantera varierande vattennivåer, samtidigt som den bidrar med biologisk mångfald samt mer värden för besökaren (ibid). Enligt WLA Webzine (uå) fungerar flodens ökade vattenkapacitet och långsammare vattenföring som ett naturligt översvämningsskydd för den kringliggande täta bebyggelsen.



Figur 11: Bishan Park, Singapore före och efter omvandlingen (Foto: Atelierdreiseitl, 2012, egen redigering i form av beskärning).

3.3.2 Våtmark

Enligt Boverket (2011, s.47 f) fungerar våtmarker intill vattendrag som en slags buffer, vilken kan minska risken för översvämningar. Detta eftersom våtmarker dämpar höga flöden då de, likt svampar, tar upp överskottsvattnet och släpper tillbaka det långsamt till vattendraget. Det blir således en fördröjning av vattnet, vilket därmed minskar effekterna nedströms. Denna typ av åtgärd – restaurering eller skapande av ny våtmark – längre upp i ett flodsystem kan därför minska översvämningssriskerna längre ner (Länsstyrelsen, 2011, s.40). Detta gäller, enligt Boverket (2011, s.47), speciellt mindre eller medelstora översvämningar. I artikeln *The potential of wetlands in reducing storm surge* diskuterar Wamsley et al. (2010) frågan mer ingående, men då specifikt våtmarker som översvämningsshanterare i kustområden. Slutsatsen de drar är att våtmarker spelar en viktig roll i sammanhanget och bör övervägas i diskussionen om översvämningsskydd. Dock poängterar de att det inte är lämpligt att tillskriva våtmarker en viss kapacitet, då dess effektivitet i frågan varierar beroende på en rad variabler (ibid, s.10).

Vid anläggandet av Queen Elizabeth Olympic park i London, som färdigställdes år 2012, skapades ett nytt våtmarksområde utmed River Lee. Detta som en del i arbetet mot en hållbar park, där hög biologisk mångfald, minskning av koldioxidutsläpp och hantering av översvämningssrisker var några av målen.



Figur 12: Våtmarksområde i Queen Elizabeth Olympic Park, London (Foto: O'Connor, 2015).

Våtmarksområdet, kallat *wetland bowl*, hjälper till att hantera vattenflödet i flodsystemet och beräknas, tillsammans med andra våtmarksområden uppströms, skydda cirka 5000 hushåll från översvämning av flöden med 100-års återkomsttid (Landscape Institute, 2013, s.18 f).

3.3.3 Retentionsområde

Enligt Länsstyrelsen (2011, s.68) är retentionsområden "områden där en viss volym vatten kan lagras under höga flöden." I artikeln *Sustainable floodplain management for flood prevention and water quality improvement* lyfter Kiedrzyńska et al. (2015) fram flodstränder⁸ som viktiga retentionsområden. De menar att flodsystem, vars flodstränder och vattendrag är naturliga, har en vattenhållande kapacitet och en långsammare vattenföring. Detta till skillnad från flodsystem som har begränsats, som har en låg förmåga att lagra vattnet, vilket leder till en snabb vattenföring och ökad erosion samt högre risk för översvämning (ibid, s.961). Att skapa den här typen av områden – genom att bevara och restaurera flodstränder till mer naturliga former – skulle utifrån detta kunna ses som en metod för klimatanpassning för översvämningar. Kiedrzyńska et al. (2015, s.966) menar vidare att en hållbar hantering av flodstränder innefattar åtgärder som att: restaurera och skapa nya våtmarker; restaurera vattendrag; öka andelen skogsmark; begränsa byggnationen inom området.

Enligt Nijland (2005) inleddes det år 2003 ett samarbetsprojekt, kallat *Sustainable development of floodplains*, mellan Nederländerna och Tyskland. Syftet med projektet var att öka retentionskapaciteten utmed Rhenfloden och på detta sätt minska översvämningar vid höga flöden. Projektet initierades mot bakgrund av områdets utsatthet för översvämningar och den ökade översvämningsrisk klimatförändringar tros föra med sig (ibid, s. 245). Fram till år 2007 planerades och genomfördes åtgärder i tolv områden utmed floden, vilka gemensamt förväntades skapa en retentionskapacitet av 26,5 miljoner m³ vatten inom ett område av 21 km². Denna ökning beräknades bli en viktig del i arbetet att sänka översvämningsnivåerna med 0,7 meter till år 2020 (ibid, s.246 f). Inom projektet genomfördes en rad olika åtgärder. En av dessa var, enligt Menke och Nijland (2008, s.1), anläggandet av så kallade retentionspolders, vilket är en form av storskaliga bassänger som, under kontrollerade former, tillåts svämma över. Resten av tiden fungerar de istället som naturområden eller odlingsmark. En annan åtgärd som genomfördes var omlokalisering av vallar utmed floden, vilket skapade större flodstränder där vattnet kan breda ut sig vid höga flöden (ibid, s.1).

3.4 Attackera

Attackera handlar om att exploatera på vattnet med strukturer som följer vattennivån, vilka därmed inte tar skada vid översvämning. Strategin skyddar inte befintliga strukturer men nybyggda (Building Futures & ICE, 2009, s.10).

3.4.1 Flytande hus

Flytande hus är, som namnet indikerar, hus som flyter på vattnet. På grund av sin konstruktion hanterar de översvämningar mycket effektivt. Däremot kan de vara dyra att anlägga, då exempelvis avlopp samt el- och vattenförsörjning kan vara svårare att hantera än i vanliga byggnader. Trots detta har flytande hus anlagts på flera ställen runt om i Europa (Climate-ADAPT, 2015a). Ett av dessa områden är IJburg i Nederländerna, vilket är en stadsdel som har

⁸ En flodstrand, eller eng. floodplain, kan definieras som området som angränsar ett vattendrag och som svämmas över vid höga flöden (Wikipedia, 2017b).

byggs upp på konstgjorda öar utanför Amsterdam. I mitten av en av dessa öar har 165 flytande hus, likt dem i figur 14, byggts upp inom ett 8 hektar stort vattenområde som skapades för ändamålet (Steenbergen & Van Bemmelen, 2011, s.9 f). DAC & Cities (2014b) menar att området, som ett svar på bostadsbrist och framtida vattenhöjningar, har blivit som ett storskaligt testområde för den här typen av lösningar.



Figur 14: Flytande hus i stadsdelen IJburg, Nederländerna (Foto: Ricker, 2012).

3.4.2 Amfibiehus

Amfibiehus vilar, till skillnad från flytande hus, på en betonggrund större delen av tiden och börjar flyta endast när vattenståndet överstiger det normala (Climate-ADAPT, 2015a). Fördelen med detta är att de, i förhållande till flytande hus, fungerar som vanliga bostäder mestadels av tiden med direkt koppling till fast mark och stabil grund (Factor Architecten, 2011, s.8). Den här typen av hus byggdes för första gången i det nederländska Maasbommel. Eftersom området inte fick bebyggas på grund av *Room for the river*-programmet testades konceptet



Figur 15: Amfibiehus i det nederländska Maasbommel som börjar flyta vid höga flöden. På baksidan står husen på fast mark (Foto: Golsteijn, 2015).

som ett sätt att exploatera samtidigt som att områdets vattenkapacitet bibehölls (Climate-ADAPT, 2015b). År 2005 färdigställdes de 32 amfibiehusen (ibid), visade i figur 15, som på framsidan har egen trädgård, parkeringsplats och direkt anslutning till vägen. Husen börjar flyta först när vattennivån överstiger 7 meter över NAP⁹, vilket beräknas ske ungefär var 14:e år (Factor Architecten, 2011, s.8). År 2011 var ett av dessa tillfällen och konceptet fungerade som planerat. En nackdel med lösningen är dock att den, likt flytande hus, är kostnadskrävande i förhållande till vanliga byggnader (Climate-ADAPT, 2015b).

⁹ Är förkortning för *Normaal Amsterdams Peil* och är en referensnivå som används för höjdmätningar i Västeuropa (Wikipedia, 2013).

4. Exemplet Göteborg

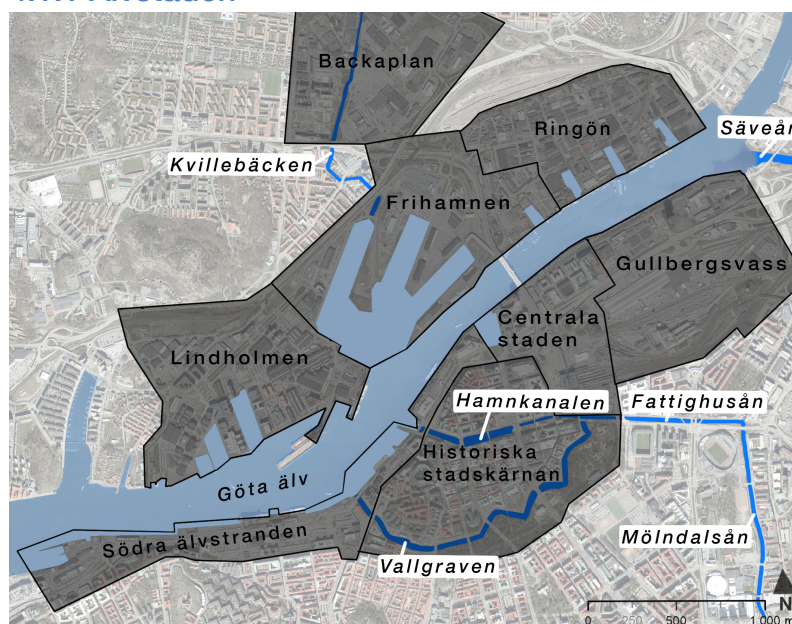
4.1 Klimatförändringarnas effekter och översvämningssrisker

I västra Götalands län väntas effekterna av klimatförändringarna följa samma mönster som på nationell nivå. Detta då prognoser visar att den årliga medelnederbörden kommer att öka med mellan 10 och 30 procent fram till år 2100, samtidigt som kraftiga regn kommer bli mer frekventa. Den största ökningen förväntas vid kusten, där bland annat Göteborg ligger (Källerfeldt *et al.*, 2012, s.22 f).

Vidare beräknas havsnivån i Göteborg höjas med 0,74 meter fram till sekelskiftet, vilket är summan av SMHI:s siffra på en meter minus förväntad landhöjning i området (Källerfeldt *et al.*, 2012, s.27). Även här används alltså SMHI:s estimering baserad på IPCC:s värsta scenario som grund för prognosen. Precis som för de nationella prognoserna gällande havsnivåhöjningen avser denna siffra det normala vattenståndet. För Göteborgs del är det vanligt att vattenstånd blir höga när det blåser västliga vindar, vilket oftast är fallet vid storm. Då pressar vinden stora vattenmassor från Atlanten in mot kusten, vilket i kombination med vågor, leder till höga vattenstånd (ibid, s.27). Under 2000-talet har detta, tillsammans med höga flöden, lett till att staden drabbats av ett antal större översvämningar (MSB, 2012). Dessa tillfälliga havsnivåhöjningar förväntas dock bli lika stora i det förändrade klimatet som de är idag (Källerfeldt *et al.*, 2012, s.27). Men då havsnivån förväntas höjas permanent blir således effekterna av de tillfälliga höga vattenstånden större i framtiden än idag, vilket ökar risken för översvämning.

I en undersökning av fluviala översvämningssrisker gjord av MSB (2011) lyfts 18 orter i Sverige fram som områden med betydande risk för översvämning med negativa konsekvenser som följd. I analysen överlappar MSB översvämningssrisker med negativa konsekvenser från fyra fokusområden: människors liv och hälsa, miljö, kulturarv och ekonomisk verksamhet (2011, s.33). Resultatet blev att Göteborg, med dess läge vid Göta älv, Mölndalsån och Säveån, i samtliga kategorier identifieras som ett utsatt område (MSB, 2011, s.53).

4.1.1 Älvstaden



Figur 16: Älvstadens delområden och vattendrag (Illustration: grundkarta GDS-Ortofoto © Lantmäteriet med egna tillägg utifrån Göteborgs stad, 2015, s.6).

Som figur 16 visar berörs Älvstaden av vattendragen Göta älv, Säveån, Kvillebäcken, Vallgraven, Hamnkanalen samt Fattighusån och områdets fluviala översvämningssrisk påverkas därmed av vattenföringen i dessa.

Vidare finns det en risk för kustöversvämningar, trots att området inte ligger i direkt anslutning till havet. Detta då havsvatten, vid höga vattenstånd, riskerar att pressas in i Göta Älv, vilket därmed leder till en

vattennivåhöjning. Enligt Ramböll (2015, s.3) skapar just kombinationen av höga havsvattenstånd och höga flöden en ökad översvämningssrisk då de, enkelt uttryckt, samspelar. Vid bedömning av översvämning och klimatanpassning i området måste därför både vattenstånd och vattenföring beaktas samt kombinationen av dessa (Göteborgs stad, 2015a, s.5). Utöver detta måste även skyfall tas med i beräkningarna. I verktyget *vatten i staden* har Göteborg stad (uå1) arbetat med att samla resultat från en rad studier där olika scenarier för just vattenstånd, vattenföring och skyfall har undersökts.

En av dessa är Göteborgs stads hydromodell. I denna har olika översvämningssituationer simulerats där höga flöden har kombinerats med höga havsvattenstånd. Scenarier som har undersökts baseras på en situation där den högsta nivån för vattenstånd med 200-års återkomsttid sker samtidigt som en höglödessituation med 2-års återkomsttid i Kvillebäcken, Säveån och Mölndalsån. Denna situation har simulerats för tre olika tillfällen – 2014, 2070 och 2100 – där den förväntade havsnivåhöjningen vid respektive tillfälle har lagts på (Göteborg stad, 2015a, s.9 f). Havsnivåhöjningen som har används baseras på ”dagens kunskap om förväntad havsnivåstegring” som Göteborg stad (2015a, s.10) uttrycker det, vilket enligt källan refererad i dokumentet är SMHI:s siffra på cirka en meter minus landhöjningen.

Resultatet av modellen visar att den högsta nivån för ett högvattenstånd i dagens situation är +2 meter över medelvattenytan i den centrala staden. Vid år 2070 är den högsta nivån istället +2,3 meter och vid år 2100 är den +2,6 meter (Göteborgs stad, 2015a, s.9). En snabb granskning av resultaten, i bilaga 1, visar att flera stadsdelar i området, redan utan havsnivåhöjningar, översvämmas vid högvattenstånd i kombination med högt flöde. Till exempel blir delar av Lindholmen och den framtida stadsdelen Frihamnen översvämmad med vattendjup som överstiger en meter. För de framtida scenarierna, visade i bilaga 2 och 3, blir följderna ännu större där översvämningarna breder ut sig ytterligare i de redan berörda områdena. Dessutom svämmas stora delar av de framtida stadsdelarna Södra älvstranden och Gullbergsvass över vid scenario 2100.

4.2 Planerad klimatanpassning

Göteborgs stad (2012) har i dokumentet *Vision Älvstaden* formulerat en rad strategier för utvecklingen av området. En av dessa strategier, kallad möta vattnet, har tagits fram bland annat mot bakgrund av det förändrade klimatet och den utmaning som det medför för staden i och med dess vattennära läge (ibid, s.9 f). I den inledande beskrivningen till strategin skriver staden:

Göteborg ska utvecklas till en grönskande stad vid vattnet, en ikon för grön stadsbyggnad där en hållbar livsstil uppmuntras och en förnyelsebar energiförsörjning, klimatanpassning och biologisk mångfald berikar stadsrummet.
(ibid, s.20)

För att lyckas med detta ska klimatanpassningen fungera som en drivkraft genom hela projektet, där de olika åtgärderna ska tillföra mervärden i de olika områdena och ”på ett kreativt sätt föra staden närmare vattnet” (Göteborgs stad, 2012, s.26). Vidare ska varje delområde utformas utifrån strategierna retirera, attackera eller försvara, där valet styrs av platsernas specifika förhållanden och utifrån utgångspunkten att befintliga områden samtidigt ska säkras. En annan viktig del som lyfts fram är att Älvstaden, som Göteborgs stad uttrycker det, ”ska vara en testarena där nya lösningar för klimatanpassning [...] tas fram” (ibid, s.26). Nedan presenteras en sammanställning av de åtgärder de har utrett och planerar för.

4.2.1 Planeringsnivåer

För att skydda nya strukturer mot översvämning tillämpar staden planeringsnivåer, vilka för Älvstaden är + 2,8 meter över medelvattenstånd för vanliga byggnader respektive + 3,8 meter för samhällsviktiga anläggningar (Göteborgs stad, 2015a, s.6). Dessa nivåer är baserade på hydromodellens resultat, där utgångspunkten är en nivå över vattenstånd med 200-års återkomsttid plus en säkerhetsmarginal på 0,5 meter. Utifrån dessa nivåer beräknas staden vara skyddad fram till år 2070. Därefter kommer havsnivåhöjningen medföra att nivån överskrids, vilket skapar ett behov av mer storskaliga lösningar (ibid, s.3).

4.2.2 Storskaliga skydd

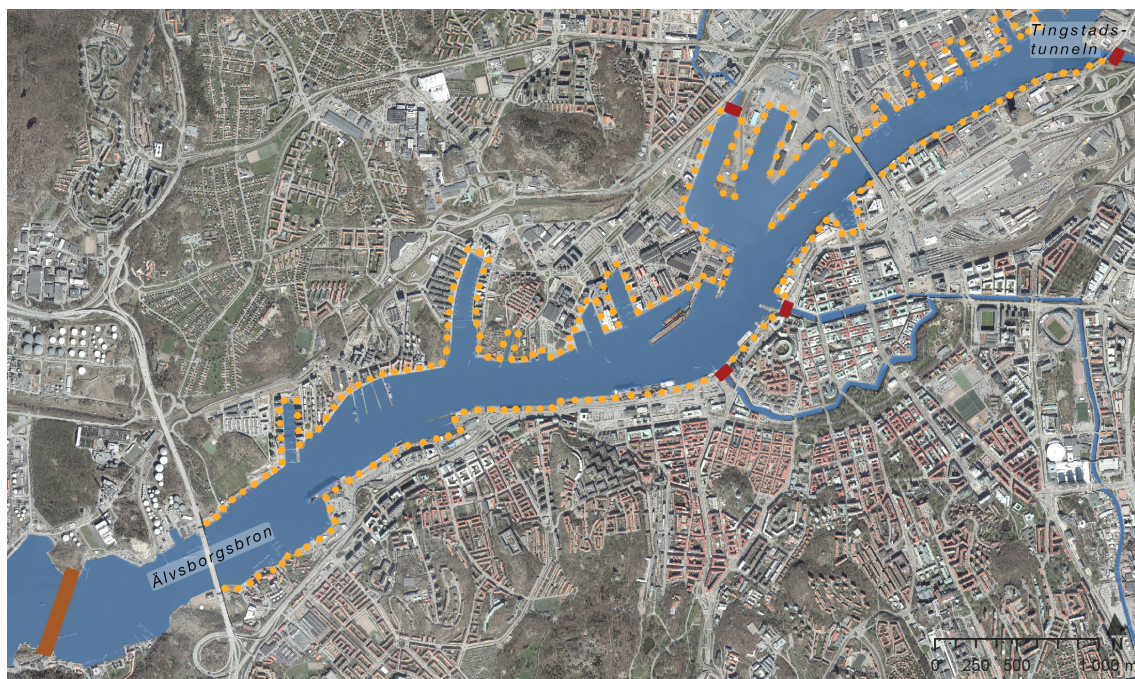
4.2.2.1 Skydd med hamnbarrikader

En storskalig lösning som utreds av staden, för skydd mot höjda havsnivåer, är yttre skydd i form av hamnbarriärer i Göta älv. I en förstudie genomförd av Sweco (2015), undersöks möjligheterna att klimatanpassa Göteborg för översvämningar genom att anlägga barriärer på två platser i älven; en uppströms vid Nordre älv och en längre nedströms vid Älvsborgsbron (ibid, s.5). För dimensionering av barriären vid Älvsborgsbron utgår Sweco (2015, s. 39) från att ett vattenstånd vid storm är + 3 meter över medelvattenståndet, med en våghöjd på en meter och en havsnivåhöjning på + 1,5 meter år 2150. Utifrån detta bedöms en lokalisering nära Älvsborgsbron, visad i figur 17, som lämpligast (ibid, s.40). Vidare bedöms två olika typer av hamnbarriärer vara möjliga alternativ, där den ena är en variant av Maeslant barriären (ibid, s.54). Kostnaden för förslaget beräknas att uppgå till mellan 2,2 och 4,7 miljarder kronor (ibid, s.59).

Ramböll (2014a, s.28) poängterar dock att det inte räcker att anlägga en hamnbarriär vid Älvsborgsbron för att skydda staden utan att överskottsvattnet som bildas i Göta älv måste hanteras samtidigt. Detta betyder således att hamnbarriären kan fungera som skydd mot kustöversvämning. Men då vattnet i älven och de anslutande vattendragen fortsätter flöda ut mot havet, stiger vattennivån även på "insidan" och medför därför risk för fluvial översvämning. De föreslår vidare att detta överskottsvatten ska hanteras med hjälp av pumpstationer vid Älvsborgsbron, som pumpar vattnet över barriären, och genom en barrikad i förgreningen vid Nordre älv. På detta sätt kan vattnen istället styras om till Nordre älv och mängden vatten som måste hanteras nere vid barrikaden minskar (ibid, s.30). Hamnbarriärens effektivitet är därmed beroende av möjligheten att minska Göta älvs och de anslutande vattendragens flöden vid höga havsvattenstånd (ibid, s.28 f).

4.2.2.2 Skyddsportar

Som alternativ till, eller i kombination med, hamnbarrikaderna har även öppningsbara skyddsportar vid fyra av stadens vattendrag undersökts som möjliga översvämningsskydd, mot höjda havsnivåer, i den centrala staden. Detta gäller vattendragen Säveån, Hamnkanalen, Vallgraven och Kvillebäcken (Sweco, 2014b, s.7). Tanken är att dessa portar, vars föreslagna läge visas i figur 18, ska stängas till vid höga vattenflöden i Göta Älv. På detta sätt förhindras överskottsvattnet från älven att tränga in i vattendragen och därmed minskas risken för översvämning. För att flödet från respektive vattendrag inte ska orsaka en sekundär översvämning föreslås även installation av pumpstationer, vilka avleder flödet från de mindre vattendragen ut i Göta älv och håller därmed vattenstånden inom en acceptabel nivå (ibid, s.12; 28; 39). Kostnaden för hela projektet beräknas bli cirka 186 miljoner kronor (ibid, s.52).



Figur 17: Ungefärliga lägen för hamnbarrikaden [orange] och skyddsportarna [rött] föreslagna av Sweco, 2015 respektive Sweco, 2014b samt principiell sträckning av vallösning utmed Göta älv [gult] (Illustration: grundkarta GDS-Ortofoto © Lantmäteriet med tillägg baserade på Sweco 2015, s.42; Sweco, 2014a, s.11; Sweco 2014b, s.26; Sweco, 2014c, s.38).

4.2.2.3 Invallning av Göta älv

Den andra storskaliga lösningen som har utretts är en invallning av Göta älv. Enligt Sweco (2014a, s.28) innebär lösningen att både södra och norra älvstranden, mellan Älvsborgsbron och Tingstadstunneln, skulle vallas in med hjälp av barrikader och slussar. En principiell sträckning av denna lösning illustreras i figur 17. För att skydda staden genom detta alternativ beräknas det krävas 17,6 km vallar, vars höjd har satts till + 3,45 meter över medelvattenståndet (ibid, s.28). Att genomföra detta skulle i sådana fall kosta cirka 4,2 miljarder kronor (ibid, s.33). I en utredning av Ramböll (2014b) har detta alternativ undersökts mer ingående. Rapporten föreslår fem olika skyddsprinciper som kan appliceras utmed älven, vilka är översvämningsskydd som placeras på kajplan alternativt kajkant, översvämningsskydd längs slänt i form av mur alternativt vall eller ny kajkonstruktion (ibid, s.5). Målet är att skydden ska hantera vattennivåer upp till + 4,0 meter över medelvattenståndet, men då denna höjd är svår att förena med en god stadsmiljö, har skydden istället dimensionerats för att hantera nivåer på mellan + 2,8 och + 3,0 meter. Som komplement till detta föreslås istället uppsättning av temporära barrikader utmed större delen av älven (ibid, s.5).

För översvämningsskydd placerade på kajkant eller kajplan föreslår Ramböll (2014b) ett flertal olika gestaltungs-lösningar, där endast ett fåtal kommer presenteras här. Ett alternativ är en mur som placeras en bit in på kajen och som förses med sittmöjligheter på båda sidor samt portar som stängs till vid översvämningssrisk (ibid, s.6), likt dem utmed River Tay i Skottland visad i figur 5. Ett annat förslag är att en hårdgjord upphöjning skapas en bit in på kajen, där höjdskillnaden tas upp genom en trappkonstruktion (ibid, s.7), lite likt lösningen i Cleveleys visad i figur 3. För skyddsprincip tre och fyra, skydd på slänt med mur eller vall, föreslås liknande lösningar (ibid, s.9). När det gäller skapandet av en ny kajkonstruktion bygger det på metoden med upphöjd mark, där marken i hela området höjs upp till en säker nivå. För att bibehålla kontakten med vattnet föreslås att området närmast vattnet hålls kvar på en lägre nivå (ibid, s.10), mycket likt lösningen använd i HafenCity visad i figur 6.

I Rambölls rapport (2014b) föreslås, utöver de fem skyddsprinciperna, även en lösning där områden tillåts svämmas över. De skriver: "Det är även viktigt att lokalisera stränder längs naturlika parker, strandängar och dylika miljöer som temporärt kan översvämmas och där översvämningarna kan få ingå i en naturlig våtmarksmiljö." (ibid, s.10). De menar vidare att några sådana översvämningssytor har lokaliserats utmed älven, men då i form av parkeringsplatser, på vissa lokalgator samt i delar av industriområden (ibid, s.10). Utöver detta behandlas inte frågan mer i rapporten och kostnadsberäknas inte heller likt de andra principerna. Dock berörs en möjlig gestaltning av retirera-strategin utförligare för fallet Frihamnen.

4.2.3 Frihamnen

Området är en del av den norra älvstranden och är, som kartan i figur 19 visar, uppbyggd av tre piren: Bananpiren, norra Frihamnspiren och Kvillepiren. Enligt Göteborgs stad (2015a, s.7) är marken i området i huvudsak plan med höjder mellan + 2 och + 2,5 meter. Däremot ligger stora delar av området lägre, där de lägsta nivåerna hittas vid Bananpiren och Lundbyleden (ibid, s.7). Detta gör, som konstaterat ovan, att området redan idag, utan havsnivåhöjningar, är ett översvämningsskänsligt område.



Figur 19: Frihamnens olika delar (Illustration: Bearbetning av GDS-Ortofoto © Lantmäteriet).

4.2.3.1 Försvara, retirera eller attackera?

I idéprojektet *Frihamnen i ett förändrat klimat – klimatanpassningsstrategiers påverkan på hållbar utveckling* presenterar Roth et al. (2011) möjliga utvecklingsvägar för området Frihamnen utifrån strategierna försvara, retirera och attackera. Om området skulle klimatanpassas enligt försvarsstrategin skulle hela marken höjas upp till en säkrare nivå, samtidigt som en bred multifunktionell skyddsvall skulle byggas utmed Göta älv. Utöver detta skulle även en öppningsbar hamnbarriär, i mindre skala, konstrueras i inloppet till området (ibid, s.15 f). Om strategin retirera däremot skulle tillämpas skulle marken på de tre pirerna inte bebyggas med bostäder och verksamheter, utan istället anläggas som grön- och rekreationsområden. Dessa skulle, med jämna mellanrum, svämmas över och på lång sikt helt hamna under vatten (ibid, s.13 f). Om attackera-strategin istället applicerades skulle vattnet mellan pirerna bebyggas med flytande hus i varierande storlek. Dessa flytande bostadskvarter skulle knytas samman med ett vägnät på fast mark, vars nivå höjts upp till + 3,8 meter över medelvattenytan. Detta gäller i hela området förutom på Bananpiren som istället skulle anläggas med en översvämningsspark (ibid, s.16 f).

4.2.3.2 Detaljplan Frihamnen etapp 1 – stadsdelen Tingstadsvassen

Den första etappen omfattar, som figur 19 på nästa sida visar, den mellersta delen av Frihamnen. Samråd har precis blivit avslutat och nästa steg i processen är granskningsskedet innan planen kan träda laga kraft (Göteborgs stad, uå2). Enligt Göteborgs stad (2015b, s.47) innebär klimatanpassningsarbetet för stadsdelen att översvämningssrisker från hav, vattendrag och regn hanteras med hjälp av en samlad strategi. Detta genom hög och låg stråk som håller viktiga delar torra, medan andra delar tillåts svämma över. De högre stråken höjdsätts till + 2,8 meter över medelvattenytan, i enlighet med planeringsnivåerna, medan det för byggnader

under denna nivå ställs krav på översvämningstålig grundkonstruktion (ibid, s.48). Närmast vattnet, som illustrationsplanen i figur 19 visar, planläggs ett större parkområde som blir en del av den så kallade Jubileumsparken (ibid, s.42). Denna höjsätts till + 2,5 meter för att skapa möjlighet för översvämningssytor, vilka kan bidra till mervärden för området (ibid, s.48). Utöver detta tillåts det anläggning av flytande bostäder i delar av vattenområdet (ibid, s.60). Dessa åtgärder gäller således för översvämningshantering på kortare sikt, då Göteborgs stad (2015b, s.48) menar att de storskaliga skydden krävs för att säkra stadsdelen efter år 2070.



Figur 19: Illustrationsplan över stadsdelen Tingstadsvass i Frihamnen framtagen under samrådsskede. I nedre vänstra hörnet visas en konceptbild över de flytande bostäderna (Illustration: Göteborg Stadsbyggnadskontoret, 2015, s.3).

4.3 Genomförd klimatanpassning

4.3.1 Tidigare detaljplaner

Rullander (2014) har i sin kandidatuppsats *Klimatanpassning av Älvstaden* studerat ett antal detaljplaner, från åren 1991 till 2012, med avseende på klimatanpassning. Hon slår fast att "[...] den huvudsakliga och kanske enda formen av implementering har varit att *försvara sig mot risken*." (ibid, s.45). Detta då samtliga detaljplaner föreslår traditionella metoder för klimatanpassning som upphöjd mark och vattentåliga grundkonstruktioner (ibid, s.45). I denna studie ses den sistnämnda åtgärden dock som en metod för att ackommodera sig mot risken snarare än försvara.

4.3.2 Invallning av Tingstadstunneln och Götatunneln

Efter stormen Gudrun år 2011 säkrade Trafikverket upp Tingstadstunneln och Götatunneln med permanenta och halvttemporära skydd upp till en nivå av + 2,5 meter över medelvattenytan. Dessa åtgärder skyddar strukturerna mot ett vattenstånd med 100 års återkomsttid i dagens situation, vilket ligger på + 1,8 meter¹⁰. Ett av dessa permanenta skydd, som visas i figur 20, är en blockstensmur vid Götatunneln.

¹⁰ Ulf Moback, landskapsarkitekt på stadsbyggnadskontoret i Göteborg, via mail den 8 maj 2017.

4.3.3 Vattenregleringssystem i Mölndalsån

Mölndalsån ligger egentligen utanför den valda geografiska avgränsningen, men då ån ansluter till vattendrag inom Älvstaden har åtgärder som påverkar flödet en inverkan på översvämningssriskerna inom avgränsningen. Därför har detta projekt ändå valts att ta med i studien. Projektet startades år 2006 som ett samarbete mellan Göteborgs stad, Härryda kommun och Mölndals stad. Sedan dess har ett antal åtgärder genomförts utmed ån för att kunna reglera dess flöden och minska risken för översvämningar. Bland annat har dammluckorna i Fattighusåns sluss, visad i figur 21, bytts ut för att öka dess kapacitet. Vidare har ån breddats vid Landvetter i Härryda kommun, samt kompletterats med ett antal sidovattenvägar för att minska översvämningssriskerna för samhället. Sedan har även delar av ån, i centrala Mölndal, vallats in med hjälp av metallmurar (Göteborgs stad, Härryda kommun, Mölndals stad, uå).



Figur 20: Blockstensmur av granit som fungerar som skydd mot översvämningar i Götatunneln (Foto: Kajsa Olsson).



Figur 21: De förbättrade slussarna i Fattighusån i centrala Göteborg (Foto: Kajsa Olsson).

5. Diskussion

Genomgången av Göteborgs stads planeringsdokument visar att de utreder och planerar för ett flertal olika åtgärder för att klimatanpassa Älvstaden. Dessa skulle kunna delas in i två kategorier; åtgärder som ska hantera översvämningssriskerna på kortare sikt, innan år 2070, respektive åtgärder som ska skydda staden på längre sikt, efter år 2070. När det gäller den förstnämnda arbetar staden främst utifrån försvarsstrategin, då planeringsnivåer används vid nybyggnation för att höja upp mark och byggnader till en säker nivå, vilket även är fallet för större delen av Frihamnen. Som komplement används ackommodera-strategin, då krav ställs på översvämningssäker byggnadskonstruktion. Dessa två metoder är även de som, uteslutande, har använts vid utvecklingen av de tidigare stadsdelarna i området. Gällande Frihamnen arbetar dock staden även utifrån strategierna retirera och attackera, då mark som kunde planlagts med byggnader istället planeras som en form av översvämningsspark, samtidigt som plats har avsatts för flytande hus. Man skulle därför kunna säga att planerna för den nya stadsdelen är en kombination av de visionära förslagen presenterade i idéprojektet och även i enlighet med stadens vision.

På lång sikt arbetar staden däremot uteslutande utifrån försvarsstrategin, då de enbart har utrett traditionella skyddsåtgärder i form av storskaliga hamnbarrikader, vallar och murar samt förhöjda kajer. Detta trots visionen om en grön stad, där genomförda åtgärder ska vara nyskapande samt tillföra mervärden. Däremot finns det vissa tankar om att barrikaderna ska vara multifunktionella och öppningsbara, vilket gör att staden hanterar den kritik som den här typen av lösningar ofta får, i fråga om förlorad vattenkontakt och risk för sekundär översvämning. Dock kvarstår den största problematiken med den här typen av skydd. Som Wilby och Keenan (2012) poängterar förlitar sig dessa lösningar på att vattnet endast stiger till den nivå som de dimensionerats för och därför blir den stora frågan således hur mycket vattnet egentligen kommer att höjas i framtiden. Som litteraturgenomgången i bakgrunden visar råder det delade meningar om detta. Trots det har Göteborg endast baserat sina beräkningar på IPCC:s siffra på runt en meter och därmed inte tagit hänsyn till de andra mer extrema scenarierna. På detta sätt har de, utifrån von Oelreich (2011) tankar, eventuellt gått miste om mer hållbara strategier för att hantera översvämningsriskerna.

Trots den uttryckta viljan att bli en grön stad har Göteborg således inte utrett lösningar utifrån strategin retirera för den långsiktiga och stadsövergripande översvämningshanteringen. Detta trots att lösningarna, i form av retentionsområden, våtmarker och översvämningsparker, skulle kunna klassas som naturinspirerade och hållbara enligt Lennon *et al.* (2014) definition. Frågan blir då varför staden inte har gjort detta. En förklaring kan vara att de helt enkelt inte har hunnit längre i klimatanpassningsarbetet. Till exempel färdigställdes Swecos utredning om yttre hamnbarrikader under år 2015, det vill säga för cirka 2 år sedan, vilket inom stadsbyggnads-sammanhang är en tidsfrist som är relativt kort. De är således mitt upp i arbetet, där Göteborgs stad (2015b, s.49) menar att de arbetar med att ta fram ett tematiskt tillägg till översiktsplanen gällande klimatanpassningsstrategier för översvämningar. En annan förklaring skulle kunna vara att de traditionella lösningarna i form av barrikader och vallar är mer beprövade, inte minst av holländarna. Detta gör att det rimligtvis finns mer underlagsmaterial att tillgå vid dimensionering och kostnadsberäkning av den här typen av lösningar och därför utreder staden dessa först. Dessutom verkar det även vara svårare att beräkna vissa GI-lösningars effekt mot översvämningar, då till exempel Wamsley *et al.* (2010) menar att våtmarksområden inte kan tillskrivas någon generell vattenhållande kapacitet.

Gällande de genomförda klimatanpassningsåtgärderna har staden även här arbetat främst utifrån försvarsstrategin, med barrikader för att säkra upp tunnlarna, upphöjning av mark och byggnader i stadsdelarna samt slussar för att reglera vattnet i Mölndalsån. För den sistnämnda har även retirera-strategin använts, då ån har breddats och getts ytterligare vattenvägar. På detta sätt har vattnet getts större utrymme, vilket därmed minskar översvämningsrisken vid höga flöden.

Dock visar genomgången av Göteborgs arbete att de inte har genomfört så många anpassningsåtgärder, i jämförelse med hur många de utreder och planerar för. Om man betraktar frågan på detta sätt har staden inte kommit så långt i sitt arbete med att säkra staden mot översvämningar. Däremot har de en stor mängd underlagsmaterial, speciellt gällande klimatförändringarna och översvämningsrisker, men även för faktiska åtgärder. Med detta i åtanke har staden ändå kommit en bit på vägen i anpassningsarbetet. De har gjort en del arbete inom det som Wilby och Keenan (2012) kallar för den förberedande delen, vilket även den är viktig för att lyckas med klimatanpassningen. De har på detta sätt även eliminerat den påverkbara delen av osäkerheten som von Oelreich (2011) hänvisar till.

Vidare gör detta frågan, om vilka strategier eller metoder Göteborg kan komplettera med för att vara bättre rustad mot översvämningar, aningen irrelevant då staden inte har nått dit ännu. Istället skulle en diskussion angående stadens möjligheter att implementera de planerade åtgärderna vara mer relevant i sammanhanget. Dock är det en fråga som kräver mer utrymme

än vad denna uppsats tillåter. Däremot kan det nämnas kort att det, som Storbjörk (2007) poängterar i sin artikel, finns många institutionella hinder som försvårar kommunernas arbete med implementering av klimatanpassningsåtgärder. Hon menar att dessa hinder, i form av exempelvis otydlig ansvarsfördelning och finansieringsfrågor, måste lösas för att klimatanpassning ska gå från nationell målsättning till lokalt genomförande (ibid). Artikeln har några år på nacken så det kan ha skett en utveckling sedan dess. Dock ger Ulf Moback på stadsbyggnadskontoret i Göteborg en liknande bild, då han i en kort kommentar i frågan skriver att "hinder är det gott om organisatoriska, finansiella och juridiska."¹¹ Exempel på hinder som han ser som problematiska i implementeringsarbetet är: dålig koordinering mellan olika lagar; att mycket ansvar idag ligger på de enskilda fastighetsägarna; otydlig ansvarsfördelning gällande ansvar för projektering, byggande och drift av åtgärderna. Vidare menar han att Sverige borde ta efter Nederländernas lösning på den finansiella biten¹².

Men om frågan, vilka strategier och metoder staden kan komplettera med, istället appliceras på de utredda åtgärderna och deras möjlighet att hantera översvämningsriskerna skulle dock en diskussion kunna föras. Utifrån min kunskap går det däremot inte värdera hur väl de utredda åtgärderna skulle skydda staden mot översvämnningar och därmed kan frågan, om det krävs ytterligare strategier eller metoder, heller inte besvaras. Dock är det rimligt att anta att de planerade skydden är ett steg i rätt riktning mot att klimatanpassa staden. Men då Göteborg, i alla fall när det gäller de långsiktiga och storskaliga planerna, endast arbetar utifrån en av fyra tillgängliga klimatanpassningsstrategier finns de sannolikt möjlighet att komplettera med ytterligare strategier.

Litteraturstudien visar att det finns potential i att använda strategin retirera och dess lösningar, i form av retentionsområden och våtmarksområden, för att dämpa höga flöden i vattendrag. Då flödena i Göta älv och anslutande vattendrag måste, som Ramböll (2014a) poängterar, hanteras för att minska den fluviala översvämningsrisken skulle det i teorin vara möjligt att, genom retirera-åtgärder utmed vattendragen, uppnå detta. Möjligen skulle åtgärder, i form av skapande av våtmarker, breddning av flodbäddar etcetera, längs de anslutande vattendragen kunna öka deras vattenhållande kapacitet och därmed dämpa flödet ut i Göta älv. Samtidigt skulle eventuellt älvens retentionskapacitet kunna ökas – genom implementering av åtgärder uppströms likt dem utförda utmed Rhenfloden – och på detta sätt minska flödet och därmed mängden överskottsvatten vid barrikaden nedströms. Dessa åtgärder – i enlighet med GI-konceptet – skulle möjligen kunna komplettera eller ersätta de mer traditionella lösningar, i form av pumpstation och barrikad i förgreningen, som föreslås. Ur ren översvämnings synpunkt kan jag inte fastslå om dessa förslag skulle vara bättre, men däremot går de mer i linje med ett hållbarhetstänk och stadens vision om att bli en "ikon för grön stadsbyggnad".

6. Avslutning

6.1 Slutsats

Studien har visat att det finns en rad olika klimatanpassningsåtgärder att tillgå i arbetet mot översvämnningar. I Göteborgs fall arbetar staden, **på kortare sikt**, utifrån **försvarsstrategin** i kombination med strategierna **ackommodera**, **retirera** och **attackera**. Detta då metoder som barrikader, byggtekniska lösningar, översvämningsparker och flytande hus föreslås. **På lång sikt** arbetar de däremot nästan uteslutande utifrån **försvarsstrategin**, då olika former barrikadlösningar har utretts.

¹¹ Ulf Moback, landskapsarkitekt på stadsbyggnadskontoret i Göteborg, via mail den 8 maj 2017.

¹² Ibid.

Då staden inte har genomfört så många skyddsåtgärder, i praktiken, handlar frågan, huruvida Göteborg undgår att bli det nya Venedig, mer om **hur** och **om** staden lyckas implementera de planerade skydden än om **vilka** metoder de planerar för. Hur de kommer lyckas med klimatanpassningen för översvämningar ligger i nuläget mer på en institutionell nivå, med frågor om ansvarsfördelning, finansiering etcetera. Då denna studie snarare ligger på en åtgärdsnivå blir frågan således svår att svara på. Utifrån innehållet i denna studie går det inte att dra någon slutsats om vilka exakta åtgärder staden måste komplettera med för att vara bättre rustad för översvämningar. Däremot kan man säga att de planerade skydden – om de implementeras och vattennivåerna inte stiger över de nivåer som skydden är beräknade för – rimligen skulle vara ett viktigt steg mot att klimatanpassa staden för översvämningar.

Om Göteborg däremot vill skapa mer hållbara lösningar – i enlighet med GI-konceptet och visionen om en grön stad – bör de inte nöja sig med de utredningar som har gjorts utan även undersöka huruvida andra lösningar, likt åtgärderna utmed Rhenfloden, är möjliga alternativ eller komplement till de storskaliga, traditionella lösningar de föreslår. Litteraturstudien över klimatanpassningsmetoder visar att det finns potential i den här typen lösningar som Göteborg inte borde gå miste om. I sitt fortsatta klimatanpassningsarbete bör de därför närmare undersöka möjligheten för denna typ av lösningar för att rusta staden mot översvämningar.

6.2 Reflektion kring genomförandet och fortsatta studier

Genom detta arbete har jag fått en god inblick i tillgängliga strategier och metoder för klimatanpassning samt hur dessa har använts på olika platser runt om i världen. Vidare har jag fått en översiktlig bild av Göteborgs översvämningsproblematik samt deras arbete med att hantera frågan. Gällande metodvalet fungerade litteraturstudie väl i sammanställningen av tillgängliga metoder, då det fanns mycket material att tillgå. Dock hade det, för uppsatsens trovärdighet, givetvis varit bättre om en fullständig litteraturstudie hade varit möjlig att genomföra. Däremot, i delen om Göteborg, hade intervjuer med andra yrkesgrupper varit önskvärt för att skapa en mer komplett bild av stadens arbete. Dessa hade kunnat bidra till att en mer verklighetsförankrad diskussion kring stadens möjlighet att använda ytterligare strategier i sitt arbete samt ge ett bättre svar på frågan huruvida Göteborg är rustat för översvämningar. Då översvämningsproblematiken är komplex – med delar som hydrologi, matematik etcetera – räckte min kunskap som landskapsarkitekt inte till för att förstå frågan fullt ut. Detta har förmodligen lett till att jag har förenklat problematiken i uppsatsen och därmed också lösningen. Här hade således hjälp från andra yrkesgrupper, med större kunskap i områden där min brast, varit bättre för både uppsatsen samt min läroprocess. Däremot har detta lärt mig vikten av samarbete mellan olika yrkeskategorier i arbetet med att anpassa våra städer för det förändrade klimatet.

Gällande fortsatta studier hade det varit intressant att göra en djupare jämförelse mellan de hårda, traditionella skydden och GI-lösningarna i frågan om översvämningshantering. Min upplevelse är att de traditionella skydden ofta kritiserats i litteraturen och ses som föråldrade, medan GI-lösningarna istället lyfts fram som det hållbara alternativet. Trots detta, som denna uppsats ger exempel på, används de traditionella skydden idag på flera platser för att hantera översvämningar. En fördjupning i frågan hade möjligen kunnat utreda varför så är fallet.

Vidare visar denna uppsats – trots att det inte har berörts ingående – att det finns problem på institutionell nivå som försvårar arbete med klimatanpassning. Samtidigt menar Ulf Moback att Sverige borde hämta inspiration från Nederländerna och deras sätt att hantera problematiken. I fortsatta studier hade det därför varit intressant att undersöka hur Sveriges lagstiftning och organisation ser ut i förhållande till bland annat Nederländernas. Och på så sätt ringa in ändringar som skulle kunna genomföras för att underlätta klimatanpassningsarbetet för de svenska kommunerna – däribland min hemstad Göteborg – så att de kan undgå att bli det nya Venedig.

6. Referensförteckning

- Andersson, L., Bohman, A., van Well, L., Jonsson, A., Persson, G. & Farelus, J. (2015). *Underlag till kontrollstation 2015 för anpassning till ett förändrat klimat*. Norrköping: SMHI. (Klimatologi nr 12). Hämtad: <https://goo.gl/xMGU7z>. [2017-03-18].
- Arnell, N. W. & Gosling, S. N. (2016). The impacts of climate change on river flood risk at the global scale. *Climatic Change*, 134(3), pp 387–401. DOI: 10.1007/s10584-014-1084-5. Hämtad: <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10584-014-1084-5>. [2017-04-02].
- Boverket (2009). *Bygg för morgondagens klimat - anpassning av planering och byggande*. Karlskrona: Boverket. Hämtad: <https://goo.gl/MwXruJ>. [2017-04-19].
- Boverket (2010). *Klimatanpassning i byggande och planering - analys, åtgärder och exempel*. Karlskrona: Boverket. Hämtad: <https://goo.gl/IWpdPz>. [2017-04-19].
- Boverket (2016). *Rätt tätt - en idéskrift om förtätning av städer och orter*. Karlskrona: Boverkets publikationsservice. Hämtad: <https://goo.gl/yYuAyL>. [2017-04-08].
- Building Futures & ICE (2009). *Facing up to Rising Sea-Levels: Retreat? Defend? Attack?*. Building Futures. Hämtad: <https://goo.gl/wftaoQ>. [2017-04-03].
- Climate-ADAPT (2015a). *Floatning and amphibious housing*. Climate-ADAPT-Sharing adaption information across Europe: European Climate Adaption Platform. [webbsida]. Hämtad: <https://goo.gl/pRNB3D>. [2017-04-25].
- Climate-ADAPT (2015b). *Amphibious housing in Maasbommel, the Netherlands*. Climate-ADAPT-Sharing adaption information across Europe: European Climate Adaption Platform [webbsida]. Hämtad: <https://goo.gl/MsZsVh>. [2015-05-03].
- Climate-ADAPT (2017). *Relocation as adaptation to flooding in the Eferdinger Becken, Austria*. Climate-ADAPT-Sharing adaption information across Europe: European Climate Adaption Platform [webbsida]. Hämtad: <https://goo.gl/tzcigf>. [2017-04-25].
- DAC & Cities (2014a). *Cleveleys: Taking steps against flooding*. DAC & Cities [webbsida]. Hämtad: <https://goo.gl/leXXwj>. [2017-04-26].
- DAC & Cities (2014b). *Ijburg: City of Islands*. DAC & Cities [webbsida]. Hämtad: <https://goo.gl/p3BZqD>. [2017-05-02].
- Deltawerken (2004a). *Indispensable*. Deltawerken online [webbsida]. Hämtad: <http://www.deltawerken.com/Indispensable/464.html>. [2017-04-18].
- Deltawerken (2004b). *The Functioning*. Deltawerken online [webbsida]. Hämtad: <http://www.deltawerken.com/The-functioning/463.html>. [2017-04-18].
- Dronkers, J., Gilbert, J. T. E., Butler, L. W., Carey, J. J., Campbell, J., James, E., McKenzie, C., Misdorp, R., Quin, N., Ries, K. L., Schroder, P. C., Spradley, J. R., Titus, J. G., Vallianos, L. & von Dadelszen, J. (1990). *Strategies for Adaption to Sea Level Rise*. Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Hämtad: <http://papers.risingsea.net/IPCC-1990-Strategies-for-Adaption-to-Sea-Level-Rise.html>. [2017-04-05].
- Evidens & Spacescape (2011). *Värdering av stadskvaliteter i Stockholmsregionen*. Stockholms läns landsting. Hämtad: <https://goo.gl/RVc9mF>. [2017-04-05].
- Factor Architecten (2011). *Project review: Floating Homes "De Gouden Kust" - Maasbommel, the Netherlands, 1998-2005*. Hämtad: <https://goo.gl/sTPA8L>. [2017-04-28].
- Göteborgs stad (uå1). *Vatten i staden - underlag handläggarsöd översvämningshantering*. Vatten i Göteborg [webbsida]. Hämtad: <https://goo.gl/Qa0UGH> via länk: vatten i staden. [2017-04-09].
- Göteborgs stad (uå2). *Plan och byggprojekt: Lundby - Bostäder och verksamheter i Frihamnen etapp 1. SDN Lundby. Stadsdel Tingstadsvassen*. Göteborgs stad [webbsida]. Hämtad: <https://goo.gl/E8uMKy>. [2017-05-08].
- Göteborgs stad (2012). *Vision Älvstaden*. Göteborgs stad. Hämtad: <https://goo.gl/YLVxnA>. [2017-04-05].

- Göteborgs stad (2014). *Strategi för Göteborg 2035 utbyggnadsplanering*. Göteborgs stad. Hämtad: <https://goo.gl/GPgWyX>. [2017-05-08].
- Göteborgs stad (2015a). *PM - Översvämningsrisker Frihamnen. Samrådshandling Frihamnen DP1 - 151120*. Göteborgs stad: Stadsbyggnadskontoret. Hämtad: <https://goo.gl/7YL0Tm>. [2017-04-08].
- Göteborgs stad (2015b). *Detaljplan för Blandstadsbebyggelse i Frihamnen, etapp 1*. Göteborgs stad: Stadsbyggnadskontoret. Hämtad: <https://goo.gl/6E0a4l>. [2017-05-08].
- Göteborgs stad, Härryda kommun, Mölndals stad (uå). *Mölndalsån - reglerad livsnerv genom tre kommuner*. Hämtad: <https://goo.gl/NGj9Fb>. [2017-05-11].
- HafenCity Hamburg (uå). *Flood-secure bases instead of dikes: safe from high water in HafenCity*. HafenCity Hamburg [webbsida]. Hämtad: <https://goo.gl/zhTlxU>. [2017-04-28].
- Hansen, J., Sato, M., Hearty, P., Ruedy, R., Kelley, M., Masson-Delmotte, V., Russell, G., Tselioudis, G., Cao, J., Rignot, E., Velicogna, I., Tormey, B., Donovan, B., Kandiano, E., von Schuckmann, K., Kharecha, P., Legrande, A. N., Bauer, M. & Lo, K.-W. (2016). Ice melt, sea level rise and superstorms: evidence from paleoclimate data, climate modeling, and modern observations that 2 °C global warming could be dangerous. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 16(6), pp 3761–3812. DOI: 10.5194/acp-16-3761-2016. Hämtad: <http://www.atmos-chem-phys.net/16/3761/2016/>. [2017-03-22].
- Hovedstadens Udviklingsråd (2003). *Ny Amager Strandpark - Regionplantillæg med VVM*. Hämtad: <http://www.grandts.dk/Amager/NyAmagerStrandparkMaj2004.pdf>. [2017-04-27].
- Hanson, H., Rydell, B. & Andersson, M. (2006). *Strandfodring - Skydd av kuster mot erosion och översvämning*. Statens geologiska institut SGI. Hämtad: <http://www.swedgeo.se/globalassets/publikationer/varia/pdf/sgi-v562.pdf>. [2017-04-27].
- IPCC (2012). Glossary of terms. In: Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.) *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation*. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge, UK and New York, USA: Cambridge University Press. pp 555-564. Hämtad: https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srex/SREX_Full_Report.pdf. [2017-03-15].
- IPCC (2013). Summary for Policymakers. In: Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.) *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, UK and New York, USA: Cambridge University Press. pp 1-33. Hämtad: https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WGIAR5_SPM_brochure_en.pdf [2017-03-15].
- Johansson, L. (2003). *Stranderosionsskydd: Typer - Dimensionering - Modeller*. Statens geologiska institut SGI. Hämtad: <http://www.swedgeo.se/globalassets/publikationer/varia/pdf/sgi-v532.pdf>. [2017-04-27].
- Kiedrzyńska, E., Kiedrzyński, M. & Zalewski, M. (2015). Sustainable floodplain management for flood prevention and water quality improvement. *Natural Hazards*, 76(2), pp 955–977. DOI: 10.1007/s11069-014-1529-1. Hämtad: <http://link.springer.com/article/10.1007/s11069-014-1529-1>. [2017-05-01].
- Kjellström, E., Abrahamsson, R., Boberg, P., Jernbäcker, E., Karlberg, M., Morel, J. & Sjöström, Å. (2014). *Uppdatering av det klimatvetenskapliga kunskapsläget*. Norrköping: SMHI. (Klimatologi nr 9). Hämtad: <https://goo.gl/qCBxql>. [2017-03-20].
- Klimatanpassningsportalen (2013). *Vad är klimatanpassning?*. Klimatanpassningsportalen [webbsida]. Hämtad: <https://goo.gl/emMf3o>. [2017-04-08].

- Kundzewicz, Z. W., Kanae, S., Seneviratne, S. I., Handmer, J., Nicholls, N., Peduzzi, P., Mechler, R., Bouwer, L. M., Arnell, N., Mach, K., Muir-Wood, R., Brakenridge, G. R., Kron, W., Benito, G., Honda, Y., Takahashi, K. & Sherstyukov, B. (2014). Flood risk and climate change: global and regional perspectives. *Hydrological Sciences Journal*, 59(1), pp 1–28. Hämtad: <http://dx.doi.org/10.1080/02626667.2013.857411>. [2017-04-02].
- Källerfeldt, C., Valen, C., Magnusson, J., Susanna, H., Bergstedt Söderström, A., Möller, M., Fredriksson, F. & Wolme, S. (2012). *Västra Götaland i ett förändrat klimat*. Trosa: Länsstyrelsen i Västra Götalands län. (2012:42). Hämtad: <https://goo.gl/e8wkZI>. [2017-03-20].
- Landscape Institute (2013). *Green Infrastructure - An integrated approach to land use*. Landscape Institute. Hämtad: <https://goo.gl/k7ATmq>. [2017-05-01].
- Lee, Y. (2014). Coastal Planning Strategies for Adaptation to Sea Level Rise: A Case Study of Mokpo, Korea. *Journal of Building Construction and Planning Research*, 02(01), pp 74–81. Hämtad: <http://dx.doi.org/10.4236/jbcpr.2014.21007>. [2017-04-15].
- Lennon, M., Scott, M. & O'Neill, E. (2014). Urban Design and Adapting to Flood Risk: The Role of Green Infrastructure. *Journal of Urban Design*, 19(5), pp 745–758. Hämtad: <http://dx.doi.org/10.1080/13574809.2014.944113>. [2017-04-11].
- Länsstyrelsen (2011). *Stigande vatten - En handbok för fysisk planering i översvämningshotade områden*. Länsstyrelsen i västra Götalands län och Länsstyrelsen i Värmlands län. Hämtad: <https://goo.gl/qKIOzo>. [2017-04-18].
- Malmquist, J. (uå). *Försiktighetsprincipen*. Nationalencyklopedin [webbsida]. Hämtad: <https://goo.gl/ZzQmOq>. [2017-05-08].
- Menke, U. & Nijland, H. (2008). *Nature development and flood risk management combined along the River Rhine – experiences from a transnational co-operation within the SDF-project*. Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU). Hämtad: https://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/themen/wasser/teil02_6_nijland.pdf. [2017-05-02].
- MSB (2011). *Identifiering av områden med betydande översvämningsrisk. Steg 1 i förordningen (2009:956) om översvämningsrisker - preliminär riskbedömning*. Myndigheten för samhällsskydd och beredskap. (Diariennr 2011-2996). Hämtad: <https://goo.gl/BPGxT4>. [2017-04-08].
- MSB (2012). *Översvämnningar i Sverige 1901-2010*. Karlstad: Myndigheten för samhällsskydd och beredskap. Hämtad: <https://www.msb.se/RibData/Filer/pdf/26098.pdf>. [2017-04-08].
- MSB (2013). *Pluviala översvämnningar – konsekvenser vid skyfall över tätort, en kunskapsöversikt*. Stockholm: Myndigheten för samhällsskydd och beredskap. Hämtad: <https://www.msb.se/RibData/Filer/pdf/26609.pdf>. [2017-03-30].
- Ng Keok Poh, L. (uå). *Bishan-Ang Mo Kio Park, Singapore*. Ramböll [webbsida]. Hämtad: <http://www.ramboll.com/projects/singapore/bishan-park>. [2017-05-01].
- Nijland, H. J. (2005). Sustainable development of floodplains (SDF) project. *Environmental Science & Policy*, 8(3), pp 245–252. Hämtad: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2005.03.002>. [2017-05-02].
- van der Brugge, R., Rotmans, J. & Loorbach, D. (2005). The transition in Dutch water management. *Regional Environmental Change*, 5(4), pp 164–176. DOI: 10.1007/s10113-004-0086-7. Hämtad: <http://link.springer.com/article/10.1007/s10113-004-0086-7>. [2017-10-16].
- von Oelreich, J., Svenfelt, Å., Wikman-Svahn, P. & Carlsson-Kanyama, A. (2012). *Framtida havsnivåhöjning i kommunal planering*. Stockholm: Totalförsvarets forskningsinstitut och KTH. Hämtad: <http://swepub.kb.se/bib/swepub:oai:DiVA.org:kth-104215>. [2017-03-15].

- Ramböll (2014a). *Hydromodell för Göteborg - Storbarriärer som översvämningsskydd vid extremt högvatten i havet år 2100. Simuleringsuppdrag 4A*. Göteborgs stad. Hämtad: <https://goo.gl/fBsJFP> via länk: Simuleringsuppdrag 4A. [2017-05-11].
- Ramböll (2014b). *Hydromodell Göteborg - Översvämningsskydd längs Göta älv*. Göteborgs stad. Hämtad: <https://goo.gl/fBsJFP> via länk: Översvämningsskydd längs Göta älv. [2017-04-19].
- Ramböll (2015). *Hydromodell för Göteborg - Användarvägledning för hydromodellen*. Hämtad: <https://goo.gl/fBsJFP> via länk: Användarvägledning. [2017-04-10].
- Roth, S., Thörn, P., Buhr, K., Moback, U., Morrison, G., Knutsson, P. & Areslätt, H. (2011). *Frihamnen i ett förändrat klimat - Klimatanpassningsstrategiers påverkan på hållbar utveckling*. Mistra Urban Futures. Hämtad: <http://www.mistraurbanfutures.org/sv/node/333>. [2017-04-19].
- Rullander, L. (2014). *Klimatanpassning av Älvstaden - en studie om hur höjda havsnivåer hanteras i fysisk planering av Norra och Södra Älvstranden i Göteborg*. Handelshögskolan vid Göteborgs universitet. Hämtad: <http://hdl.handle.net/2077/37154>. [2017-04-20].
- Seneviratne, S.I., Nicholls, N., Easterling, D., Goodess, C.M., Kanae, S., Kossin, J., Luo, J., Marengo, Y., McInnes, K., Rahimi, M., Reichstein, M., Sorteberg, A., Vera, C. & Zhang, X. (2012). Changes in Climate Extremes and their Impacts on the Natural Physical Environment. In: Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Ignor, and P.M. Midgley (eds.) *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation*. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge, UK och New York, USA: Cambridge University Press. pp 109-230. Hämtad: https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srex/SREX_Full_Report.pdf. [2017-03-15].
- Skoog, M. (uå). *Kustskydd*. Ystads kommun [webbsida]. Hämtad: <https://goo.gl/INrwBc>. [2017-04-28].
- SMHI (2015a). *Hydrologiska ord och begrepp*. Sveriges meteorologiska institut SMHI [webbsida]. Hämtad: <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/hydrologiska-begrepp-1.29125>. [2017-04-07].
- SMHI (2015b). *Återkomsttider*. Sveriges meteorologiska institut SMHI [webbsida]. Hämtad: <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/aterkomsttider-1.89085>. [2017-04-07].
- Stahre, P. (2013). *Blue-green fingerprints in the city of Malmö, Sweden - Malmö's way towards a sustainable urban drainage*. Malmö: VA SYD. Hämtad: <http://www.vasyd.se/Artiklar/Samarbetsprojekt/Peter-Stahres-Stipendium>. [2017-04-12].
- Stalenberg, B. (2012). Innovative Flood Defences in Highly Urbanized Water Cities. In: Aerts, J., Botzen, W., Bowman, J. M., Ward, J. P., & Dircke, P. (eds.) *Climate adaptation and flood risk in coastal cities*. Abingdon, Oxon, UK and New York, USA: Earthscan. pp 145-164.
- Statens geotekniska institut (2016). *Erosion*. Statens geotekniska institut SGI [webbsida]. Hämtad: <https://goo.gl/fnjrCy>. [2017-05-02].
- Steenbergen, J. J. M. & Van Bemmelen, R. J. (2011). Land. If you don't have it, create it. The case of IJburg, Amsterdam: reclamation project IJburg, Amsterdam. *Irrigation and Drainage*, 60 (1), pp 4-10. Hämtad: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ird.666/pdf>. [2017-05-02].
- Storbjörk, S. (2007). Governing Climate Adaptation in the Local Arena: Challenges of Risk Management and Planning in Sweden. *Local Environment*, 12(5), pp 457-469. Hämtad: <http://dx.doi.org/10.1080/13549830701656960>. [2017-05-10].

- Svanström, S. (2013). *Varannan svensk bor nära havet*. Statistiska Centralbyrån SCB [webbsida]. Hämtad: <http://www.scb.se/sv/Hitta-statistik/Artiklar/Varannan-svensk-bor-nara-havet/>. [2017-04-05].
- Sweco (2014a). *Kostnads-nettoanalys av översvämningsåtgärder i Göteborg – en pilotstudie*. Göteborgs stad. Hämtad: <https://goo.gl/fBsJFP> via länk: Kostnads-och nyttoanalys av översvämningsåtgärder. [2017-04-19].
- Sweco (2014b). *Förstudie – Skyddsportar i utlopp till Göta Älv för att skydda mot översvämnung vid hög havsnivå samt översiktlig beskrivning av storskaliga barriärer*. Göteborgs stad. Hämtad: <https://goo.gl/fBsJFP> via länk: Skyddsportar utlopp till Göta älv. [2017-04-19].
- Sweco (2015). *Förstudie - Yttre portar mot havet för att skydda mot översvämnung vid hög havsnivå*. Göteborgs stad. Hämtad: <https://goo.gl/fBsJFP> via länk: Yttre portar mot havet. [2017-05-03].
- The Scottish Parliament Committee (uå). *Flooding and flood management inquiry - visit to Perth and river Devon*. Archive Scottish Parliament [webbsida]. Hämtad: <https://goo.gl/r3X1uK>. [2017-04-27].
- Wamsley, T. V., Cialone, M. A., Smith, J. M., Atkinson, J. H. & Rosati, J. D. (2010). The potential of wetlands in reducing storm surge. *Ocean Engineering*, 37(1), pp 59–68. Hämtad: <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2009.07.018>. [2017-05-01].
- Wilby, R.L. & Keenan, R. (2012). Adapting to flood risk under climate change. *Progress in Physical Geography*, 36(3), pp 348–378. Hämtad: <https://doi.org/10.1177/0309133312438908>. [2017-04-02].
- Wikipedia (2013). *Normaal Amsterdams Peil*. Wikipedia The Free Encyclopedia [webbsida]. Hämtad: https://sv.wikipedia.org/wiki/Normaal_Amsterdams_Peil. [2017-05-09]
- Wikipedia (2017a). *Göta älv*. Wikipedia The Free Encyclopedia [webbsida]. Hämtad: https://sv.wikipedia.org/wiki/G%C3%B6ta_%C3%A4lv. [2017-05-10].
- Wikipedia (2017b). *Floodplain*. Wikipedia The Free Encyclopedia [webbsida]. Hämtad: <https://en.wikipedia.org/wiki/Floodplain>. [2017-05-01].
- WLA Webzine (uå). *Kallang River Bishan Park, Singapore, Atelier Dreiseitl*. World Landscape Architect [webbsida]. Hämtad: <https://goo.gl/4qStiz>. [2017-05-01].
- WWF (2016). *Hav i världen*. Världsnaturfonden WWF [webbsida]. Hämtad: <https://goo.gl/L4FzoK>. [2017-04-05].
- Zandmotor (2017). *The Sand Motor - Introduction*. Zandmotor - Delflandse kust [webbsida]. Hämtad: <http://www.dezandmotor.nl/en/the-sand-motor/introduction/>. [2017-04-27].

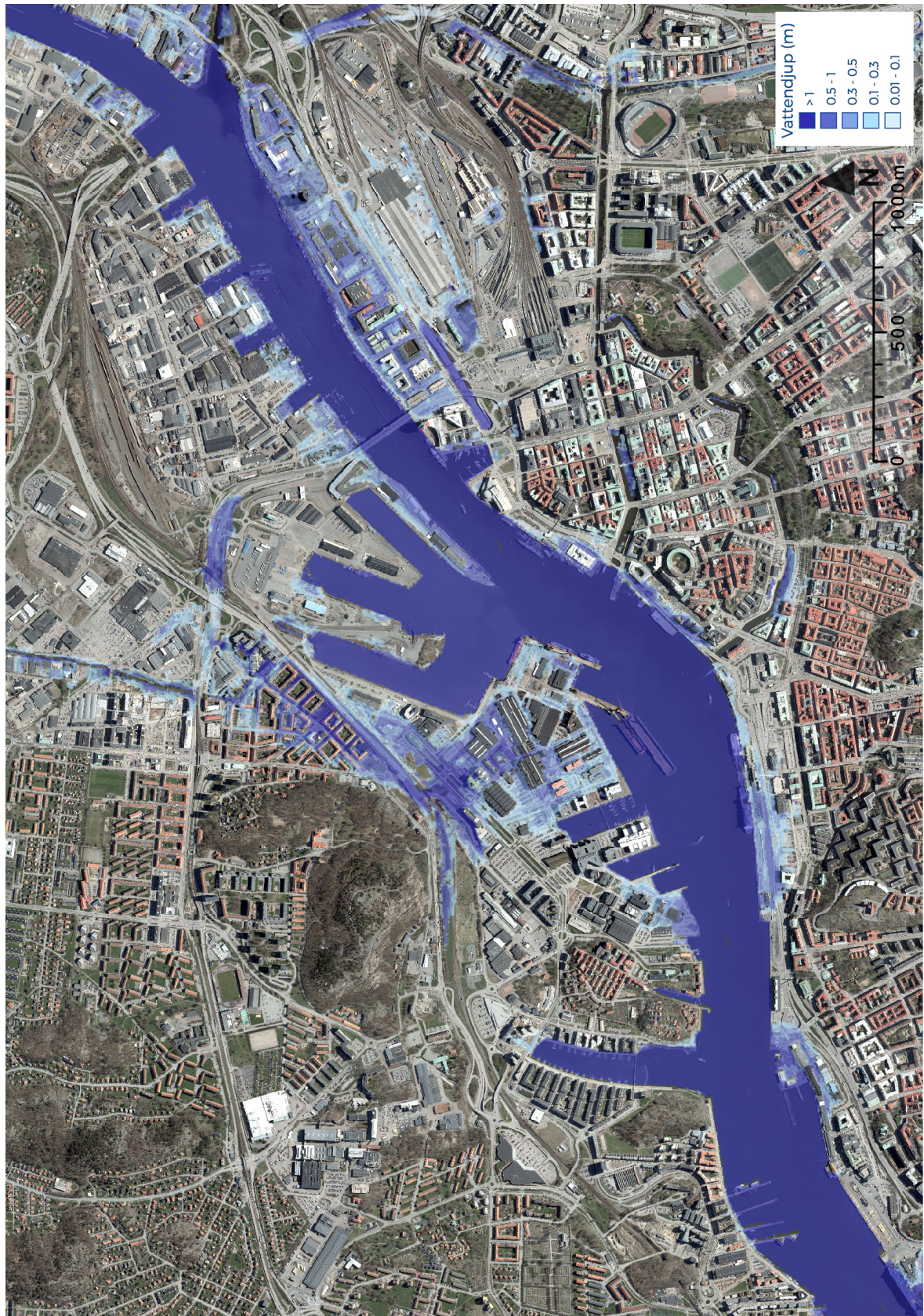
6.1 Bilder och illustrationer

- Arai, Elin (2017). *Exkursion till Hamburg, dag 1*. [fotografi]. Används med tillåtelse från fotografen.
- Atelierdreiseitl (2012). *Bishan Park vor der Renaturierung und nach der Renaturierung*. [fotografi]. Creative Commons Licens: CC BY-SA, se villkor: <https://goo.gl/1klInF>. Hämtad: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bishan_Park_vor_und_nach_renaturierung.jpg. [2017-04-27].
- Golsteijn, Marion (2015). *Drijvende woningen in Maasbommel*. [fotografi]. Creative Commons Licens: CC BY-SA, se villkor: <https://goo.gl/1klInF>. Hämtad: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gouden_Ham_watervilla%27s.JPG. [2017-04-27].
- Göteborgs stad (2015). *Älvstadens delområden*. Används med tillåtelse från Niklas Blomquist, Stadsbyggnadskontoret Göteborgs stad. Hämtad: <https://goo.gl/7YL0Tm>. [2017-05-18].

- Göteborgs stad (uå1). *Högvatten år 2014, + 2,00 m / H200*. Används med tillåtelse från Niklas Blomquist, Stadsbyggnadskontoret Göteborgs stad. Hämtad: <https://goo.gl/Qa0UGH> via länk: vatten i staden/hav och vattendrag. [2017-04-09] – **Bilaga 1**.
- Göteborgs stad (uå2). *Högvatten år 2070, + 2,30 m / H200*. Används med tillåtelse från Niklas Blomquist, Stadsbyggnadskontoret Göteborgs stad. Hämtad: <https://goo.gl/Qa0UGH> via länk: vatten i staden/hav och vattendrag. [2017-04-09] – **Bilaga 2**.
- Göteborgs stad (uå3). *Högvatten år 2100, + 2,65 m / H200*. Används med tillåtelse från Niklas Blomquist, Stadsbyggnadskontoret Göteborgs stad, Hämtad: <https://goo.gl/Qa0UGH> via länk: vatten i staden/hav och vattendrag. [2017-04-09] – **Bilaga 3**.
- Göteborg Stadsbyggnadskontoret (2015). *Frihamnen Detaljplan 1 illustrationsplan*. Används med tillåtelse från Gunnar Åkerström, Stadsbyggnadskontoret Göteborgs stad. Hämtad: <https://goo.gl/Owxoul>. [2017-05-08].
- Jorchr (2006). *Eroding coastline at Löderups strandbad, Skåne*. [fotografi]. Creative Commons Licens: CC BY-SA, se villkor: <https://goo.gl/1klInF>. Hämtad: https://sv.wikipedia.org/wiki/Fil:L%C3%B6derups_strandbad,_h%C3%B6vder.jpg. [2017-04-28].
- M.Prinke (2008). *Windows with bulkheads in Hamburg HafenCity at the Elbe waterfront*. [fotografi]. Creative Commons Licens: CC BY-SA, se villkor: <https://goo.gl/1klInF>. Hämtad: <https://www.flickr.com/photos/mprinke/2275134182/>. [2017-05-01].
- O'Connor, Peter [aka anemoneprojectors] (2015). *GOC Walthamstow to Stratford 209: Queen Elizabeth Olympic Park wetlands*. [fotografi]. Creative Commons Licens: CC BY-SA, se villkor: <https://goo.gl/1klInF>. Hämtad: <https://www.flickr.com/photos/anemoneprojectors/25121707163>. [2017-04-27].
- Leffman, John (2011). *En ny vågbrytare under konstruktion utanför (söder om) Sandskogen i Ystad 2011*. [fotografi]. Creative Commons Licens: CC BY, se villkor: <https://goo.gl/1klInF>. Hämtad: <https://sv.wikipedia.org/wiki/Fil:V%C3%A5gbrytare.jpg>. [2017-05-01].
- Peet, Karl (2005). *Perth, River Tay running high*. [fotografi]. Creative Commons Licens: CC BY-SA, se villkor: <https://goo.gl/1klInF>. Hämtad: <http://www.geograph.org.uk/photo/6465>. [2017-04-26].
- Ricker, Thomas (2012). *Floating homes of Ijburg*. [fotografi]. Creative Commons Licens: CC BY, se villkor: <https://goo.gl/1klInF>. Hämtad: <https://www.flickr.com/photos/trixer/8285929295>. [2017-04-27].
- Simonfi, Eszter - Deltaworks Online (2010). *The Maeslant Barrier seen from the north* [fotografi]. Creative Commons Licens: CC BY-SA, se villkor: <https://goo.gl/1klInF>. Hämtad: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File%3AMaeslantkering.jpg>. [2017-04-26].
- Sweco (2014a). *Föreslagen placering av skyddsport i Sävåån. Bakgrundskarta Google Maps*. I: Förstudie – Skyddsportar i utlopp till Göta Älv för att skydda mot översvämning vid hög havsnivå samt översiktlig beskrivning av storskaliga barriärer. Göteborgs stad. Hämtad: <https://goo.gl/fBsJFP> via länk: Skyddsportar utlopp till Göta älv. [2017-04-19].
- Sweco (2014b). *Föreslagna placeringar av skyddsportar i Vallgraven och Stora Hamnkanalen. Bakgrundskarta Google Maps*. I: Förstudie – Skyddsportar i utlopp till Göta Älv för att skydda mot översvämning vid hög havsnivå samt översiktlig beskrivning av storskaliga barriärer. Göteborgs stad. Hämtad: <https://goo.gl/fBsJFP> via länk: Skyddsportar utlopp till Göta älv. [2017-04-19].
- Sweco (2014c). *Föreslagen placering av skyddsport i Kvillebäcken. Bakgrundskarta Google Maps*. I: Förstudie – Skyddsportar i utlopp till Göta Älv för att skydda mot översvämning vid hög havsnivå samt översiktlig beskrivning av storskaliga barriärer. Göteborgs stad. Hämtad: <https://goo.gl/fBsJFP> via länk: Skyddsportar utlopp till Göta älv. [2017-04-19].

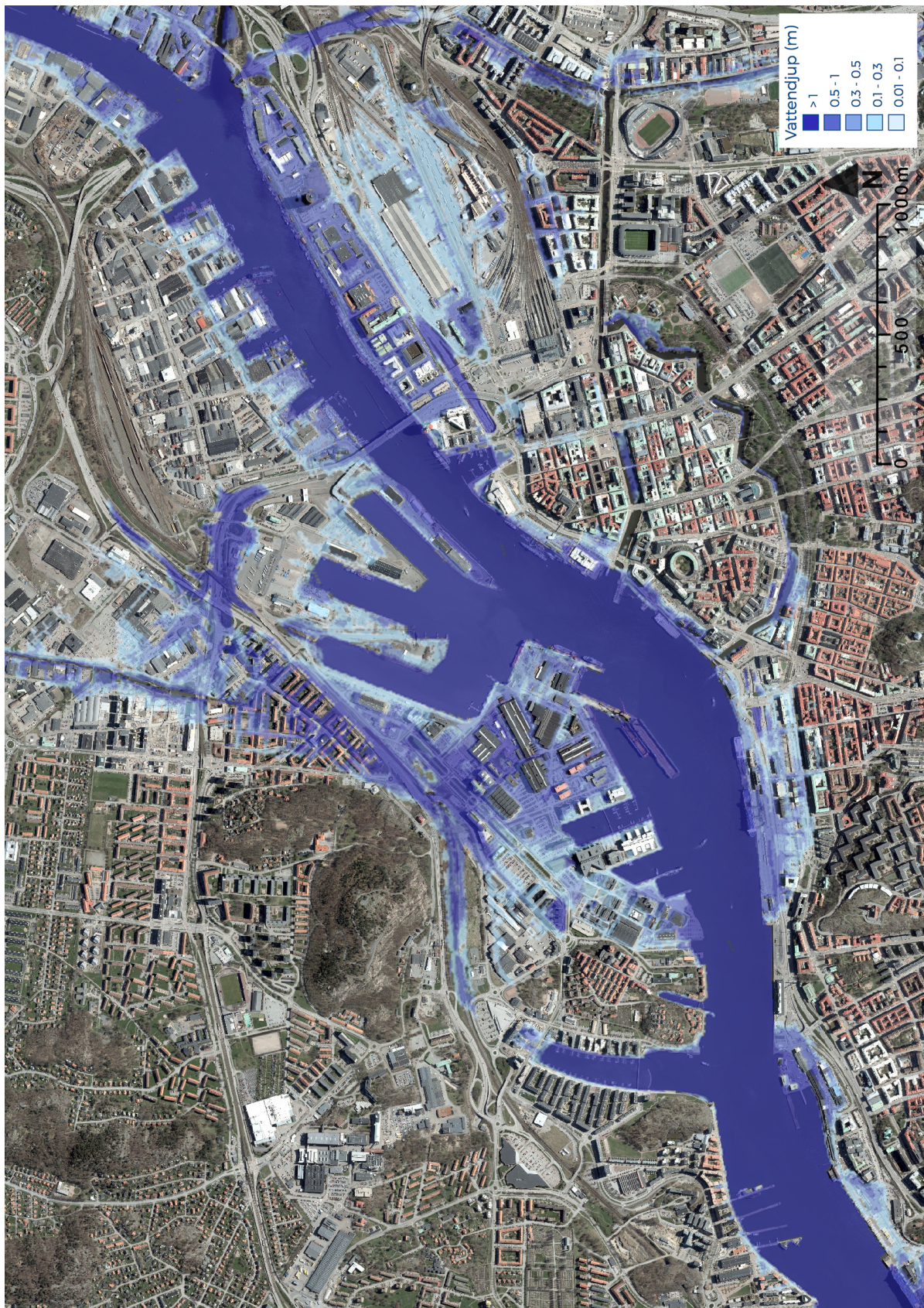
- Sweco (2015). *Lokaliseringsalternativ för skyddsport i Göteborgsgrenen*. I: Förstudie - Yttre portar mot havet för att skydda mot översvämning vid hög havsnivå. Göteborgs stad Hämtad: <https://goo.gl/fBsJFP> via länk: Yttre portar mot havet. [2017-05-03].
- Thulborn-Chapman, Michele (2016). *Cleveleys Seafront Promenade*. [fotografi]. Creative Commons Licens: CC BY-NC-ND, se villkor: <https://goo.gl/1kllnF>. Hämtad: <https://www.flickr.com/photos/cypruspictures/29015954286/in/photostream/>. [2017-04-26].
- Zandmotor (2016) 2016 08 24 Zandmotor (19) overzicht vanuit noordoost. [fotografi]. Creative Commons Licens: CC0, se villkor: <https://goo.gl/s13CL8>. Hämtad: <https://www.flickr.com/photos/zandmotor/29572005331/in/photostream/>. [2017-05-01].

Bilaga 1: Översvämning år 2014



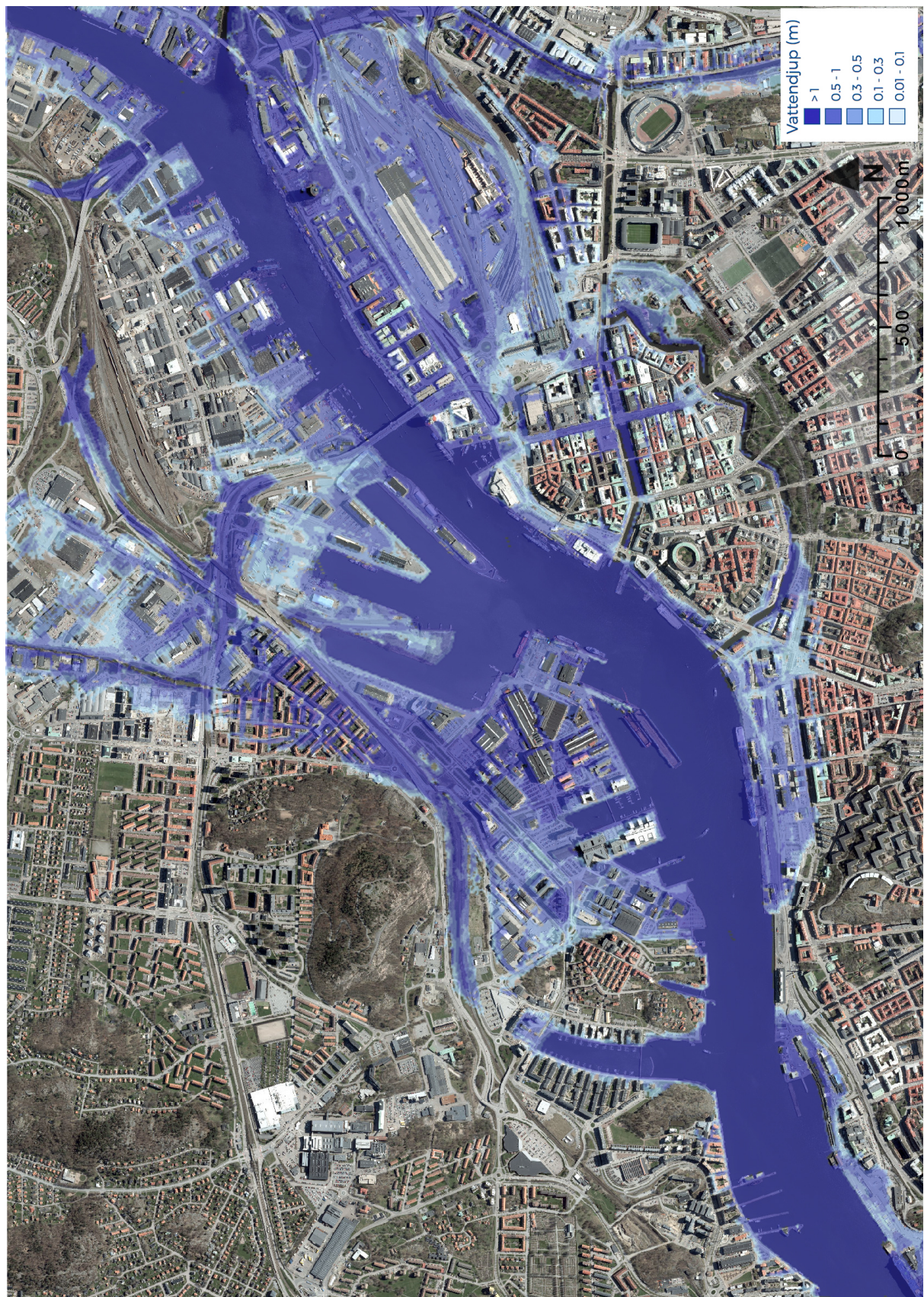
Resultat från Göteborgs stads hydromodell: Översvämning år 2014 vid högvattenstånd med 200-års återkomsttid, i kombination med en högflödessituation med 2-års återkomsttid. (Illustration: grundkarta GDS-Ortofoto © Lantmäteriet med Göteborgs stads (uå1) översvämningskarteringskarta).

Bilaga 2: Översvämning år 2070



Resultat från Göteborgs stads hydromodell: Översvämning år 2070 vid högvattenstånd med 200-års återkomsttid, i kombination med en högflödessituation med 2-års återkomsttid. (Illustration: grundkarta GDS-Ortofoto © Lantmäteriet med Göteborgs stads (uå2) översvämningskarteringskarta).

Bilaga 3: Översvämning år 2100



Resultat från Göteborgs stads hydromodell: Översvämning år 2100 vid högvattenstånd med 200-års återkomsttid, i kombination med en högflödessituation med 2-års återkomsttid. (Illustration: grundkarta GDS-Ortofoto © Lantmäteriet med Göteborgs stads (uå3) översvänningskarta.